



ESCOLA NAVAL

ta sãnto de biẽ faire

Departamento de Ciências do Mar



Nádia Nogueira Marques

Dinâmica oceânica no espaço marítimo português:

Caraterização de massas de água e circulação oceânica

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais,
na especialidade de Marinha



Alfeite
2017



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Nádia Nogueira Marques

*Dinâmica oceânica no espaço marítimo português:
Caraterização de massas de água e circulação oceânica*

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Marinha

Orientação de: 817173 CMG Carlos Lopes da Costa

O Aluno Mestrando

O Orientador

Alfeite

2017

Epígrafe

*“Mar sonoro, mar sem fundo, mar sem fim.
A tua beleza aumenta quando estamos sós
E tão fundo intimamente a tua voz
Segue o mais secreto bailar do meu sonho.
Que momentos há em que eu suponho
Seres um milagre criado só para mim.”*

(O Mar Sonoro, Sophia de Mello Breyner)

Página deixada
propositadamente em branco

Agradecimentos

Para a realização deste trabalho de investigação foram muitos os que, direta ou indiretamente, o tornaram possível. Por esta razão exponho assim os meus agradecimentos:

Ao meu orientador, Capitão-de-mar-e-guerra Lopes da Costa, pela forma incansável como sempre se predispôs a ajudar-me, e por todas as suas recomendações que foram essenciais para o desenvolvimento e melhoria do meu trabalho.

Ao STEN TSN Gaspar Merca, por desde o início se ter disponibilizado a dar-me os *inputs* programáticos necessários para avançar com este projeto.

Ao Instituto Hidrográfico e à *National Oceanic and Atmospheric Administration*, por me terem auxiliado na recolha de dados e decisão de método de cálculo.

Aos meus pais e irmão, por todo o apoio e motivação que me deram nos momentos mais difíceis, e pela compreensão pela minha ausência e indisponibilidade.

Ao Tiago e ao João, pelo seu muito tempo despendido a auxiliarem-me nos conteúdos programáticos utilizados.

À Raquel, pela verdadeira amizade, pelo exemplo e pela motivação constante.

Página deixada
propositadamente em branco

Resumo

A seguinte investigação tem como questão central o estudo e demonstração gráfica dos fenómenos e constituintes das massas de água e correntes, existentes no espaço marítimo português. O principal objetivo desta dissertação consiste em ir de encontro aos fundamentos teóricos deste assunto, utilizando conteúdos programáticos e dados mais atualizados possíveis.

Na área de investigação que foi escolhida para estudo, é possível perceber visualmente através da interpretação de gráficos, como se comportam as massas de água quer vertical quer horizontalmente nas colunas de água.

Desde fenómenos mais abrangentes como o giro subtropical que influencia as águas costeiras, até fenómenos locais como a *Mediterranean Outflow Water* ou a Corrente e Contra Corrente dos Açores são tratados e analisados, a partir das suas características básicas como a temperatura, salinidade e consequente densidade e velocidade do som.

Este tipo de projeto deve ser algo que deve estar em constante atualização uma vez que a dinâmica oceânica, tal como outros fatores, sofrem alterações anuais que podem, no caso militar, determinar o sucesso ou insucesso de uma missão. Sendo a Marinha Portuguesa um ramo militar que está constantemente dependente do mar para as suas missões, é necessário o estudo desta área nunca se dar como findo, procurando sempre mais e melhor informação.

Palavras-Chave: *Mediterranean Outflow Water*, Corrente dos Açores, Base de dados, Gráficos, Temperatura, Salinidade.

Página deixada
propositadamente em branco

Abstract

The follow on investigation has as the main question the study and demonstration of mechanisms and constituents of the water masses and currents, that exists on the portuguese maritime space. The main goal of this dissertation it's confirming the theoretical foundations, by using programmatic contents and the most updated data.

In the choosen area for this investigation, it's possible to visually understand how the water masses behave, vertically and horizontally, in the water columns, through graphic interpretation.

From broader phenomena such as the subtropical gyre, that influences coastal waters, or even phenomena like the Mediterranean Outflow Water or Azores Current and CounterCurrent, are treated and analyzed from basic characteristics such as temperature, salinity, and consequent density and sound velocity.

This type of project should be something that must be constantly updated since, like other factors, ocean dynamics change constantly, and in the military case, this can be fatal for the mission success. As the portuguese navy is a military branch that is totally dependent of the sea for its missions, it is vital that studies in this area keep moving forward, always seeking for more and better information.

Keywords: Mediterranean Outflow Water, Azores Current, Data Bases, Graphics, Temperature, Salinity.

Página deixada
propositadamente em branco

Índice

Epígrafe	v
Agradecimentos	vii
Resumo	ix
<i>Abstract</i>	xi
Lista de Figuras	xvii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	xxiii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento geral.....	1
1.2. Âmbito e metodologia da dissertação	1
1.3. Pertinência do tema	2
1.4. Estrutura da dissertação	3
2. Enquadramento teórico	5
2.1. Distribuição e caracterização de massas de água	5
2.1.1. <i>Mediterranean Outflow Water</i>	9
2.2. Corrente e Contra Corrente dos Açores	13
2.3. Dinâmica costeira de Portugal Continental	18
3. Desenvolvimento da programação computacional	23
3.1. Método de investigação.....	23
3.1.1. Área de investigação.....	23
3.1.2. Base de dados	25
3.1.3. Escolha de gráficos.....	26
3.2. <i>Software</i> Matlab	28
3.2.1. Funções de cálculo da densidade e da velocidade do som.....	28

3.2.2.	<i>Graphical User Interface</i>	30
3.2.3.	Funções de inicialização	31
3.2.4.	Funções de preparação	32
3.2.5.	Funções de organização de dados	32
3.2.6.	Funções da área geográfica	32
3.2.7.	Funções de menus	33
3.2.8.	Funções de gráficos, eixos e <i>radiobuttons</i>	34
4.	Tratamento e interpretação de resultados	35
4.1.	Análise geral	35
4.2.	Análise por situação geográfica	37
4.3.	Análise por camadas de imersão	43
4.4.	Análise por latitudes fixas.....	48
4.5.	Análise por longitudes fixas	51
4.6.	Análise geostrófica	54
4.6.1.	Secções verticais.....	55
4.6.2.	Secções horizontais.....	57
	Conclusão e Recomendações	63
	Referências bibliográficas	67
	Apêndices	71
	Apêndice A – Resumo alargado da investigação.....	73
	Apêndice B - Código Matlab para o cálculo da densidade segundo EOS-80.....	85
	Apêndice C - Código Matlab para o cálculo da velocidade do som segundo EOS-80	89
	Apêndice D - Tabela do estudo das diferenças relativas entre EOS-80 e TEOS-10	91

Apêndice E - Código Matlab para as funções de inicialização do GUI.....	93
Apêndice F - Código Matlab para as funções de preparação	95
Apêndice G - Código Matlab para a função de carregamento de dados.....	99
Apêndice H - Código Matlab para a função de cálculo	101
Apêndice I - Código Matlab para a função de filtragem de dados	111
Apêndice J - Código Matlab para a formatação do local	115
Apêndice K - Código Matlab para a formatação da barra de menus	121
Apêndice L - Exemplo de exportação de dados em fomato .xls.....	135
Apêndice M - Código Matlab para atualização de gráficos.....	137
Apêndice N - Código Matlab para definição de gráficos <i>contour</i>	167
Apêndice O - Código Matlab para exportação de gráficos.....	169
Apêndice P - Código Matlab para os <i>radiobuttons</i>	171
Anexos.....	173
Anexo A - Excerto das folhas de dados recolhidos para o estudo nas variáveis de temperatura e salinidade	175
Anexo B - Ficheiros de código Matlab da Gibbs-SeaWater (GSW) Oceanographic Toolbox.....	177

Página deixada
propositadamente em branco

Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição mundial das principais correntes oceânicas, e de alguns rios.....	5
Figura 2 - Esquema representativo da <i>Meridional Overturning Circulation</i> (MOC)..	6
Figura 3 - Distribuição global de massas de água intermédias.....	8
Figura 4 - Ampliação da zona oeste do Estreito de Gibraltar, onde mostra a Baía de Tânger (TB), o monte de <i>Majuan</i> (MB), o <i>Camarinal Sill</i> (CS) e o <i>Espartel Sill</i> (ES). Estão representadas também as profundidades de 290 m (CSd) a meio canal, e 80 m (CSs) mais perto da costa a sul.	11
Figura 5 - Imagem resultante de vários sensores e satélites que demonstra várias zonas de anomalias à superfície do Atlântico Norte. Estas anomalias em profundidade são consideradas “ <i>eddies</i> de oceano profundo”, que neste caso em concreto são resultado do MOW, os <i>meddies</i> . As áreas em branco não têm dados associados.	12
Figura 6 – Esquema representativo dos valores do transporte das massas de água durante o <i>outflow</i> da água mediterrânica.	15
Figura 7 - Esquema representativo do local de forçamento de massa onde os fluxos zonais fecham a circulação ciclónica.....	17
Figura 8 - Esquema representativo da batimetria do Estreito de Gibraltar.....	18
Figura 9 – Esquemas representativos do transporte de Ekman nos processos de <i>upwelling</i> , no Hemisfério Norte (à esquerda), e no Hemisfério Sul (à direita).	19
Figura 10 - Esquema representativo do transporte de Ekman no processo de <i>downwelling</i> , no Hemisfério Norte.....	20
Figura 11 - Representação gráfica da área de estudo compreendida entre as latitudes 30°N e 45°N, e entre as longitudes 005°W e 040°W.	24
Figura 12 - Representação gráfica da área de estudo e as respetivas divisões pelas latitudes 31,5°N, 35,5°N, 39,5°N e 43,5°N, e pelas longitudes 011,5°W, 019,5°W, 026,5°W e 035,5°W.....	24

Figura 13 - <i>Graphical User Interface</i> criado, sem carregamento de dados e com todos os campos desativados.	31
Figura 14 - <i>Graphical User Interface</i> criado, com dados carregados e com gráficos exemplificativos para uma área escolhida.	31
Figura 15 (à esquerda) e Figura 16 (à direita) - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, onde são representadas as médias, máximos e mínimos das variáveis temperatura e salinidade compreendidas na área de investigação.	36
Figura 17 (à esquerda) e Figura 18 (à direita) - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, onde são representadas as médias, máximos e mínimos das variáveis densidade e velocidade do som compreendidas na área de investigação.	37
Figura 19 - Imagem situacional do Google Earth (em cima) e gráficos de perfis verticais resultantes do programa em Matlab produzido, nas coordenadas 31,5°N e 011,5°W. Representação da temperatura, salinidade e velocidade do som (esquerda para a direita) ao longo da profundidade.	38
Figura 20 - Imagem situacional do Google Earth (em cima) e gráficos de perfis verticais resultantes do programa em Matlab produzido, nas coordenadas 35,5°N e 011,5°W. Representação da temperatura, salinidade e velocidade do som (esquerda para a direita) ao longo da profundidade.	39
Figura 21 - Imagem situacional do Google Earth (em cima) e gráficos de perfis verticais resultantes do programa em Matlab produzido (no meio da temperatura, e em baixo da salinidade). A coluna da esquerda representa as coordenadas 35,5°N e 019,5°W, e a da direita as coordenadas 35,5°N e 026,5°W.	40
Figura 22 - Imagem situacional do Google Earth (em cima) e gráficos de perfis verticais resultantes do programa em Matlab produzido, nas coordenadas 39,5°N e 011,5°W. Representação da temperatura, salinidade e velocidade do som (esquerda para a direita) ao longo da profundidade.	41
Figura 23 - Imagem situacional do Google Earth (em cima) e gráficos de perfis verticais resultantes do programa em Matlab produzido, nas coordenadas 43,5°N e	

011,5°W. Representação da temperatura, salinidade e velocidade do som (esquerda para a direita) ao longo da profundidade.	42
Figura 24 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, compreendidos na área de investigação. Distribuição de temperaturas (°C) nas profundidades: 0, 100, 500, 1000, 1500 e 2000 m (sequência da esquerda para a direita e de cima para baixo).	43
Figura 25 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, compreendidos na área de investigação. Distribuição de salinidades (g/kg) nas profundidades: 0, 100, 500, 1000, 1500 e 2000 m (sequência da esquerda para a direita e de cima para baixo).	45
Figura 26 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, compreendidos na área de investigação. Distribuição de densidades (kg/m ³) nas profundidades: 0, 100, 500, 1000, 1500 e 2000 m (sequência da esquerda para a direita e de cima para baixo).	46
Figura 27 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, compreendidos na área de investigação. Distribuição da velocidade do som (m/s) nas profundidades: 0, 100, 500, 1000, 1500 e 2000 m (sequência da esquerda para a direita e de cima para baixo).	47
Figura 28 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na latitude 31,5°N.	48
Figura 29 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na latitude 35,5°N.	49
Figura 30 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na latitude 39,5°N.	50

Figura 31 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na latitude 43,5°N.....	51
Figura 32 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na longitude 011,5°W.....	52
Figura 33 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na longitude 019,5°W.....	53
Figura 34 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na longitude 035,5°W.....	54
Figura 35 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente N/S ao longo das longitudes, nas latitudes fixas 31,5°N, 35,5°N, 39,5°N e 43,5°N (esquerda para a direita, e de cima para baixo).....	55
Figura 36 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente E/W ao longo das latitudes, nas longitudes fixas 011,5°W, 019,5°W, 026,5°W e 035,5°W (esquerda para a direita, e de cima para baixo).....	56
Figura 37 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente N/S ao longo da área da investigação, nas diferentes camadas de imersão: superfície, 100 m, 500 m e 1000 m de profundidade (esquerda para a direita, e de cima para baixo).....	58
Figura 38 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente E/W ao longo da área da investigação, nas diferentes camadas de imersão: superfície, 100 m, 500 m e 1000 m de profundidade (esquerda para a direita, e de cima para baixo).....	60

Figura 39 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente N/S e E/W (esquerda e direita respetivamente), na área compreendida por 30-50°N e 005-070°W, à superfície. 61

Página deixada
propositadamente em branco

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

<i>AAIW</i>	<i>Antarctic Intermediate Water / Massa de água intermédia da Antártida</i>
<i>°C</i>	<i>Graus Celsius</i>
<i>CA</i>	<i>Corrente dos Açores</i>
<i>CCA</i>	<i>Contra Corrente dos Açores</i>
<i>CTD</i>	<i>Conductivity-Temperature-Depth / Condutividade-Temperatura-Profundidade</i>
<i>ENACW</i>	<i>Eastern North Atlantic Central Water / Massa de água central do Atlântico Norte Oriental</i>
<i>GUI</i>	<i>Graphical User Interface</i>
<i>m</i>	<i>metros</i>
<i>MOC</i>	<i>Meridional Overturning Circulation / Overturning da circulação meridional</i>
<i>MOW</i>	<i>Mediterranean Outflow Water / Água do outflow do Mediterrâneo</i>
<i>MW</i>	<i>Mediterranean Water / Massa de água mediterrânica</i>
<i>NACW</i>	<i>North Atlantic Central Water / Massa de água central do Atlântico Norte</i>
<i>NADW</i>	<i>North Atlantic Deep Water / Massa de água profunda do Atlântico Norte</i>
<i>NATO</i>	<i>North Atlantic Treaty Organization / OTAN - Organização do Tratado do Atlântico Norte</i>
<i>NOAA</i>	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration / Administração nacional do Oceano e da Atmosfera</i>
<i>NODC</i>	<i>National Oceanographic Data Center / Centro Nacional de Dados Oceanográficos</i>

<i>QC</i>	<i>Questão Central</i>
<i>QD</i>	<i>Questão Derivada</i>
<i>SAIW</i>	<i>Subarctic Intermediate Water / Massa de água intermédia do Subártico</i>
<i>S_A</i>	<i>Salinidade absoluta</i>
<i>S_P</i>	<i>Salinidade prática</i>
<i>SOFAR</i>	<i>Sound Fixing and Ranging Channel</i>
<i>SIG</i>	<i>Sistema de Informação Geográfica</i>
<i>Sv</i>	<i>Sverdrup</i>
<i>T_c</i>	<i>Temperatura conservativa</i>
<i>UNESCO</i>	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
<i>ups</i>	<i>unidade prática de salinidade</i>
<i>VP</i>	<i>Vorticidade Potencial</i>
<i>WNACW</i>	<i>Western North Atlantic Central Water / Massa de água central do Atlântico Norte Ocidental</i>
<i>WOA</i>	<i>World Oceanic Atlas / Atlas Mundial de Oceanos</i>
<i>WOD</i>	<i>World Oceanic Database / Base de Dados Mundial dos Oceanos</i>

1. Introdução

1.1. Enquadramento geral

A circulação oceânica global pode ser dividida em duas partes: a profunda, e a forçada pela tensão do vento. Quanto à circulação profunda, esta é iniciada pelo aumento da densidade nas camadas superficiais por diversos processos sejam eles por arrefecimento ou pelo aumento do grau de salinidade. Na circulação forçada direta ou indiretamente pelo vento, esta acontece nas primeiras centenas de metros e a sua influência é sobretudo a nível horizontal, no entanto a partir destes podem resultar forçamentos verticais como o *upwelling* e *downwelling* que vão induzir circulação geostrófica. O efeito de Coriolis é o fenómeno explicativo do comportamento do vento e das correntes marítimas, provocando um desvio de vento para a direita no Hemisfério Norte, e para a esquerda no Hemisfério Sul.

A área geográfica do espaço marítimo português, do ponto de vista oceanográfico, é característico pela sua dinâmica de correntes, massas de água diversas e consequentes fenómenos hidrológicos como vórtices de mesoscala. As correntes marítimas de circulação geral desta zona estão associadas à parte nordeste do giro subtropical aqui existente, englobando correntes como a Corrente da Deriva do Atlântico Norte e a Corrente de Portugal ou das Canárias. Associado também a estas correntes, estão as alterações provocadas pelo fluxo de saída e entrada da água no Mar Mediterrâneo que consequentemente influenciam todo o comportamento das massas de água da periferia.

1.2. Âmbito e metodologia da dissertação

Esta dissertação tem como objetivo abordar de um modo diferente a temática oceanográfica de caracterização das massas de água do espaço marítimo português. Até aos tempos de hoje muitos têm sido os estudos teóricos que tentam explicar todos os mecanismos e fenómenos ocorrentes nas águas que banham a costa ocidental da Península Ibérica, no entanto acaba sempre por existir alguma controvérsia quanto aos seus limites e extensões. A investigação levada a cabo nesta dissertação tem como intenção interpretar graficamente, e de várias perspetivas o comportamento das massas de água e correntes oceânicas.

A conceção desta ideia surgiu no âmbito de empregar métodos computacionais para facilitar a visualização da localização e divisão destas manifestações hidrológicas. Ao serem utilizados dados climáticos atuais e previamente trabalhados previu-se um produto que permitisse uma apresentação qualitativa e quantitativamente viável que permitisse confirmar estudos já realizados.

Foi com base nestes argumentos que se pretendeu desenvolver a dissertação, partindo da seguinte questão central:

QC. Como podem ser caracterizadas as massas de água que têm influência no espaço marítimo nacional?

Como consequência da questão central apontada, e com o intuito de responder e validar os dados recolhidos, foram deduzidas as seguintes questões derivadas:

QD1. Qual a dinâmica oceânica costeira característica ao largo de Portugal Continental?

QD2. Qual a influência da água mediterrânica e dos meddies no Atlântico Norte?

QD3. Como pode ser explicado o sistema das correntes e contracorrentes zonais dos Açores?

No desenvolvimento desta dissertação é recorrido ao método de investigação científica como forma de aquisição e produção de conhecimentos designadamente no teste e validação de hipóteses que possam vir a consolidar teorias científicas quanto aos processos físicos do oceano. A primeira parte desta investigação recai essencialmente na análise de artigos científicos e estudos já existentes, enquanto a segunda parte tem um cariz prático de criação de um *software* que como produto final permite aplicar não só os conteúdos desta problemática, mas também de outras partes do mundo.

1.3. Pertinência do tema

Sendo a Terra um planeta repleto de recursos naturais, são cada vez mais os estudos realizados de modo a se conseguir aproveitar e aplicá-los da melhor

maneira. Devido à situação geográfica de Portugal, é-nos permitido ter grande acesso ao recurso natural que ocupa 71% da superfície terrestre, o Mar. Desde os remotos tempos dos Descobrimentos até aos dias de hoje, Portugal sempre foi considerado um país de mar, e este sempre teve um papel fundamental na nossa economia, abrangendo desde o setor primário ao terciário.

Como portugueses, cidadãos e militares, é de nosso maior interesse saber mais sobre este recurso que nos rodeia. Para a Marinha Portuguesa o mar é a nossa principal via de transporte e é nele que se desenvolvem buscas, investigações e até táticas, podendo ser crucial e proveitoso a informação da oceanografia física.

Nesta investigação informações como o tipo de correntes existentes, os vários níveis de imersão de temperatura ou até a velocidade do som na água pode ter bastante empregabilidade na operacionalidade naval. A acústica submarina, por exemplo, tem uma enorme relevância em aplicações militares pela facilidade de deteção de submarinos, minas ou restos de naufrágios, e a partir deste estudo é possível saber onde e quais são os perfis mais adequados para este tipo de operações.

1.4. Estrutura da dissertação

Relativo ao plano de dissertação, houve necessidade de alteração e inserção de alguns assuntos com o propósito de ir de encontro à finalidade do estudo. O capítulo 1 teve como objetivo enquadrar o tema desta dissertação mais concretamente a nível da geografia e a nível dos fenómenos e mecanismos físicos existentes na área, sendo consequentemente justificado a pertinência e o objetivo desta investigação.

O capítulo 2 constitui uma base teórica para caracterizar e relacionar a dinâmica existente na área escolhida para análise, sendo abordado apenas o essencial de cada assunto, evitando a sua repetição pormenorizada já realizada em vários estudos recentes. No capítulo 3 é apresentado o estudo realizado, desde a escolha da área de estudo até à programação computacional adequada para esta investigação, e no capítulo 4 é mostrado o produto final e as respetivas análises e interpretações.

Esta investigação tem o seu término com a apresentação de conclusões e sugestões de emprego deste estudo, estando também presentes vários anexos e apêndices que complementam o seu conteúdo, nomeadamente todo o código programático, e um resumo alargado de todo o estudo - Apêndice A.

Adicionalmente a esta investigação, existe também um CD, onde pode ser encontrado o programa, com respetivas indicações de utilização, construído para esta dissertação. A idealização deste CD adveio da possibilidade de dar aos utilizadores oportunidade de experiência ou até mesmo posterior melhoramento do programa.

2. Enquadramento teórico

2.1. Distribuição e caracterização de massas de água

O conceito de massa de água deriva da meteorologia, uma vez que nesta área é utilizado o conceito de “massas de ar” para classificar as diferentes características atmosféricas. Por este motivo em oceanografia é utilizado o conceito de massas de água uma vez que os oceanos são considerados estratificados pelas diferentes misturas de orientação vertical e horizontal (Emery, 2003). Globalmente, as correntes oceânicas são forçadas por dois mecanismos: sendo à superfície o fator principal o vento, e em profundidade os gradientes de densidade, e consequentemente estes mecanismos provocam transformações nas massas de água, suscitando interesse de estudo.

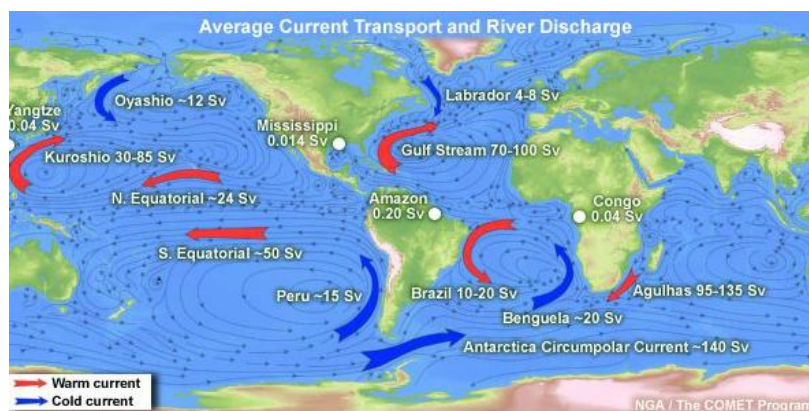


Figura 1 - Distribuição mundial das principais correntes oceânicas, e de alguns rios.¹

Como irá ser mencionado várias vezes ao longo desta investigação, para medir o volume do transporte das massas de água é utilizado a unidade Sverdrup². As principais correntes mundiais, Figura 1, têm uma enorme capacidade de transporte, e como comparação da sua capacidade de volume de transporte, podemos mencionar o Rio Amazonas (o mais caudaloso rio do mundo) que tem um

¹ Adaptado de <http://www.meted.ucar.edu/oceans/currents/navmenu.htm>.

² Sverdrup, simbolizada por Sv, é uma unidade de medida que representa o transporte de água pelas correntes oceânicas, sendo que utilizado quase em exclusivo na área de oceanografia (1 Sv \equiv $10^6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$).

fluxo de aproximadamente 0,2 Sv. No caso mais concreto da nossa investigação, no Oceano Atlântico Norte estamos perante a influência de duas grandes correntes: Corrente do Golfo (70-100 Sv) e Corrente do Labrador (4-5 Sv).

A *Meridional Overturning Circulation* (MOC), Figura 2, tem um importante papel na circulação mundial. Esta circulação transporta águas quentes superficiais para latitudes a norte, e devolve águas profundas frias para sul, passando pelo equador.

Este transporte contribui substancialmente para uma moderação do clima marítimo e continental europeu, e quaisquer que sejam as alterações nesta circulação pode trazer implicações graves na estabilidade climática. Segundo Bryden *et al.* (2005) na secção dos 25°N de latitude a MOC diminuiu de velocidade em 30% entre os anos 1957 e 2004.

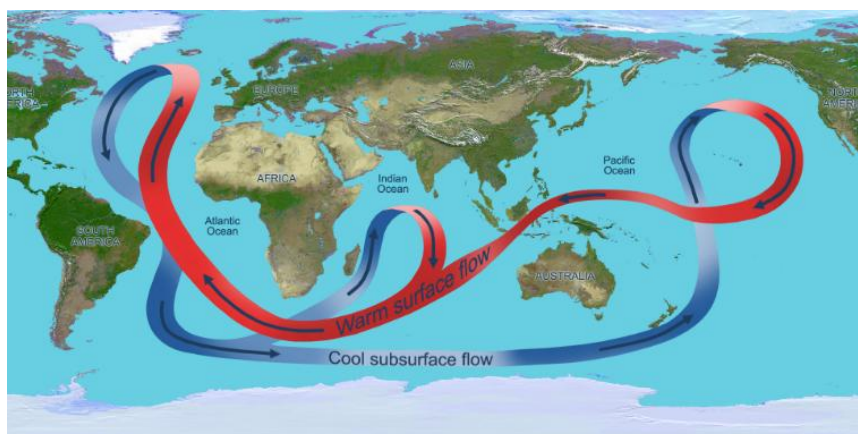


Figura 2 - Esquema representativo da *Meridional Overturning Circulation* (MOC).³

A maior parte da água profunda tem origem no Atlântico Norte, sendo aí o local onde a água quente proveniente da Corrente do Golfo arrefece, resultando água fria e com elevado grau de salinidade.

Quando tentamos caracterizar a distribuição das massas de água, é necessário escolher as melhores ferramentas para o fazer. A ferramenta mais básica é a utilização de gráficos do formato propriedade versus propriedade, de

³Adaptado de <https://www.nasa.gov/topics/earth/features/atlantic20100325.html>

modo a facilitar a análise e interpretação dos resultados. O mais usual destes gráficos é o diagrama T-S (Temperatura-Salinidade). Outras propriedades podem também ser utilizadas para especificar o tipo de massa de água, no entanto há sempre um erro associado. Os valores de oxigénio e de nutrientes são outras propriedades que podem ser utilizadas, no entanto são bastante influenciáveis por atividade biológica e dissolução química de material orgânico que se dilui ao longo da coluna de água (Emery, 2003).

Desde Sverdrup *et al.* (1942), que coletou e analisou inúmeras observações oceanográficas, foram poucos os que voltaram a analisar a distribuição de massas de água a uma escala global. Contudo, apesar da nomenclatura das massas de água no Oceano Atlântico se ter tornado confusa ao longo deste último século, aparentemente as massas de água têm permanecido essencialmente as mesmas (Wright e Worthington, 1970).

É estimado que a distribuição horizontal destas massas de água seja feita em três camadas verticais: a superficial (0-500 m), a intermédia (500-1500 m) e a profunda (1500 m até ao fundo). A utilização de uma classificação de camadas verticais não é a mais indicada, porque uma vez que as diferentes massas de água têm origem na superfície, acabaria por se tornar uma classificação incerta.

No âmbito desta investigação apenas algumas das massas de água irão ser mencionadas quanto à sua formação e localização, dando assim ênfase à *North Atlantic Central Water* (NACW), *Mediterranean Water* (MW), *Subarctic Intermediate Water* (SAIW), *Antarctic Intermediate Water* (AAIW) e à *North Atlantic Deep Water* (NADW).

O Atlântico Norte tem a estrutura horizontal de massas de água mais complexa de todos os oceanos. As massas de água superficiais do Hemisfério Norte do Oceano Atlântico podem ser divididas em leste-oeste, uma vez que as suas características e influências são diferentes. A principal massa de água do Norte Atlântico é a NACW e esta pode ser subdividida em dois ramos: a *Eastern North Atlantic Central Water* (ENACW) que sofre bastante influência da MOW, e a *Western North Atlantic Central Water* (WNACW) cujas características se devem à

influência da Corrente do Golfo. A NACW é caracterizada pelo seu estreito intervalo no diagrama T-S, sendo que os valores [T-S] mais próximos da superfície na WNACW e na ENACW são respetivamente: [18,0-19,0°C; 36,4-36,6 ups⁴] e [18,0-19,0°C; 36,5-36,7 ups], e mais próximos da camada inferior são: [7,0-8,5°C; 35,0-35,1 ups] e [8,5-9,5°C; 35,2-35,3 ups] (Harvey e Arhan, 1988; Pollard *et al.*, 1996). Confirmando assim que as massas de água superficiais ou centrais têm uma maior variação de propriedades, no entanto fisicamente ocupam o menor volume do oceano (Emery, 2003). Exatamente acontecendo o oposto com as massas de água profundas, uma vez que têm uma variação de propriedades muito restrita, mas ocupam um volume de oceano bastante substancial.

Nos níveis de água intermédia é observada uma mistura entre MW, SAIW e AAIW (Bashmachnikov *et al.*, 2015) - Figura 3.

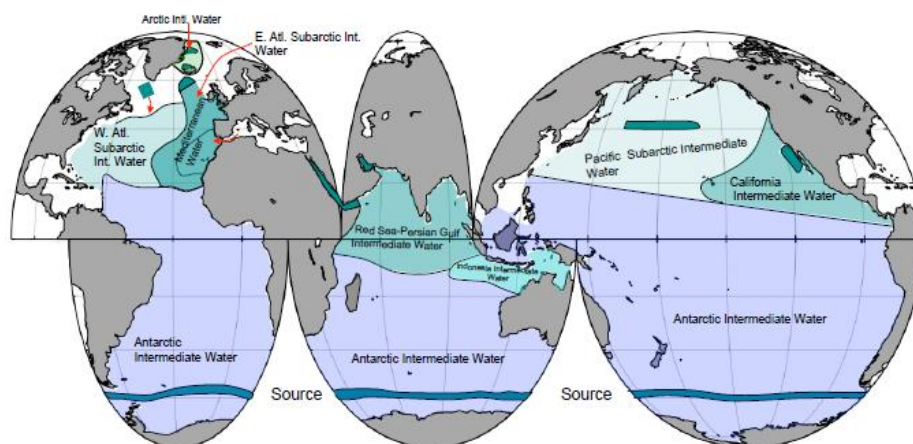


Figura 3 - Distribuição global de massas de água intermédias.⁵

A SAIW é uma água relativamente fria (4,0-7,0°C), que se forma nas latitudes 50-54°N. Uma parte desta massa de água é advectada, entre os 45-55°N, pela Corrente do Norte Atlântico, sendo que outra parte espalha-se para sudeste

⁴ A definição de salinidade foi estabelecida em 1978 pela UNESCO, acompanhada pela respetiva escala denominada *Practical Salinity Scale 1978* (PSS 78), sendo a unidade adimensional para a salinidade a *practical salinity unit* (psu), ou unidade prática de salinidade (ups). É calculada a partir da condutividade da água do mar.

⁵ Adaptado de http://fvcom.smast.umassd.edu/Courses/MAR555/Lectures_pdf/MAR555_Lec_12.pdf

até aos 40-45°N (McCartney e Talley, 1982; Harvey e Arhan, 1988; Tsuchiya, 1989; Arhan, 1990).

Segundo Emery (2003), a sul do oceano, a região de formação da AAIW é marcada pela localização da Frente do Oceano Polar⁶ (Schmitz, 1996; Tomczak e Godfrey, 2003), conhecido por variações na sua força e na sua localização, podendo estas massas de água chegar a alcançar a latitude de 20°N no Oceano Atlântico, a sul das Ilhas Canárias. A AAIW é marcada pelo seu extremo mínimo de salinidade e temperaturas, 2,0-6,0°C e 33,8-34,8 ups.

A MW é formada a partir do *outflow* da água do Mar Mediterrâneo, no Oceano Atlântico, sendo caracterizada pelo seu elevado nível de salinidade e temperatura, e pelo baixo grau de oxigénio e nutrientes. A partir do Estreito de Gibraltar a MW flui ao longo da plataforma e talude continentais e este afundamento é acompanhado pela sua mistura com a água em redor (NACW e NADW, esta por baixo). A zona mais profunda da MW é presumivelmente misturada com a NADW, a sul da Corrente dos Açores, alterando as suas propriedades (Harvey e Arhan, 1988; Iorga e Lozier, 1999a; van Aken, 2000b).

A formação da NADW ocorre a noroeste do Norte Atlântico, onde a massa de água diminui a sua temperatura e afunda direcionando-se para camadas inferiores, iniciando o seu percurso ascendente próximo da Corrente Circumpolar Antártica, perto da latitude dos 50°S (Stommel, 1957).

2.1.1. Mediterranean Outflow Water

As características que mais se destacam no Atlântico Norte subtropical são as propriedades de termoclina bem acentuadas em elevado grau de salinidade e temperatura, sendo a sua causa proveniente de fenómeno hidrográfico denominado de “língua salina” do Mediterrâneo (Bower *et al.*, 2002).

⁶ Ou Convergência Subpolar Antártica, nas latitudes de 50° a 55° S, onde os ventos prevalecentes de oeste, ou *westerlies*, aumentam com a latitude, daí resultando convergência horizontal na superfície e descida de água superficial para profundidades intermédias.

A água que provém do Oceano Atlântico e que progressivamente vai entrando no Mar Mediterrâneo, através do Estreito de Gibraltar, começa aqui a sofrer sucessivas transformações quanto à sua composição. Segundo Kinder e Bryden (1987), no Mar Mediterrâneo, está registado uma evaporação de cerca de 60 cm/ano o que leva à produção de uma água com cerca de mais 2,1 ups, ou seja uma água mais salina e mais densa. Porções destas águas mais densas fluem de regresso para o Estreito de Gibraltar, podendo ser um processo que demora entre 7 a 70 anos (Artale *et al.*, 2006), alimentando a MOW.

É no Estreito de Gibraltar que é observável uma saída de fluxo de água Mediterrânica (MOW), sendo que esta por ser mais densa em comparação com a água do Oceano Atlântico, em seu redor, desce até aos cerca de 1000 m de profundidade do talude continental, na parte leste do Golfo de Cádiz.

Segundo García-Lafuente *et al.* (2011) a MOW, após passar o Estreito de Gibraltar, encontra, antes de começar a fazer parte da corrente gravitacional na *North Atlantic Central Water* (NACW), uma zona topograficamente relevante e influenciável para o seu trajeto, a Bacia de Tânger. Existem evidências experimentais (Bray *et al.*, 1995; García Lafuente *et al.*, 2002) e numéricas (Winters and Seim, 2000; Sannino *et al.*, 2004; Sánchez-Román *et al.*, 2009) que demonstram que a mistura de massas de água começa a acontecer no *Sill de Camarinal* (CS) - Figura 4. García-Lafuente *et al.* (2011), num simples modelo de duas camadas, representando o fluxo da água Mediterrânica como H_M , e o fluxo de água do Atlântico como H_A , afirmou que no CS estes dois fluxos (H_M+H_A) tinham características diferentes ao fluxo de água original do Mediterrâneo, no entanto ainda não tinha características de *outflow*. No entanto no *Espartel Sill* (ES) o fluxo de água já tinha características de incorporação⁷ e mistura, sendo considerado já *outflow*.

⁷ Tradução da palavra *entrainment*, explicando o fenómeno que ocorre quando a MW desce ao longo do talude do Golfo de Cádiz, e incorpora NACW no fluxo descendente, duplicando o seu caudal para cerca de 2 Sv.

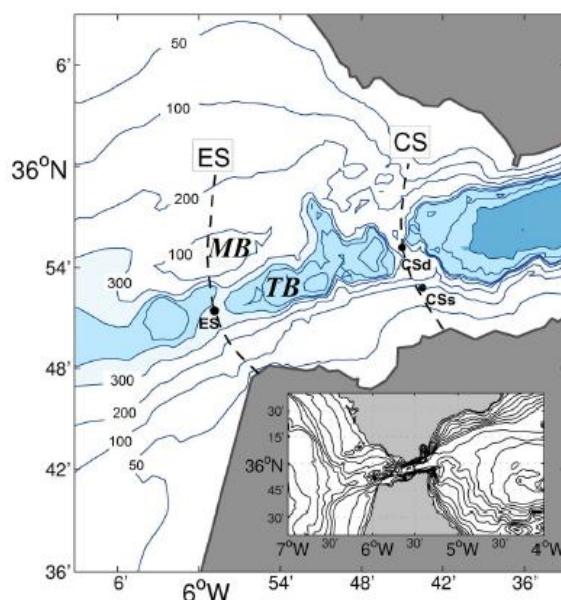


Figura 4 - Ampliação da zona oeste do Estreito de Gibraltar, onde mostra a Baía de Tánger (TB), o monte de *Majuan* (MB), o *Camarinal Sill* (CS) e o *Espartel Sill* (ES). Estão representadas também as profundidades de 290 m (CSd) a meio canal, e 80 m (CSs) mais perto da costa a sul⁸.

Mais tarde, García-Lafuente *et al.* (2000) concluiu que a superfície com velocidade nula a leste do estreito coincidia com a superfície com salinidade de 37,9 ups, e que estava perto do fundo da camada intermédia, confirmando que o seu fluxo seguia na mesma direção que a camada superficial. Simulações numéricas mostraram um comportamento simétrico no ES, com a superfície com velocidade nula coincidindo com a superfície de salinidade 36,9 ups, que está localizado na parte superior da camada intermédia. Este fenómeno de trocas em duas direções diferentes é um comportamento explicado pela mistura de tipos de águas com velocidade de fluxo diferente, sendo considerado, a oeste do CS, o Mediterrâneo uma camada ativa, e o Atlântico uma camada passiva (Winters e Seim, 2000).

García-Lafuente *et al.* (2000) mostrou também um aumento de *inflow* e *outflow* a leste do CS, neste caso devido à mistura da água mediterrânica pela aceleração da camada de água do Atlântico.

⁸ Adaptado de García-Lafuente *et al.* (2011).

Como foi referido anteriormente, a língua salina do Mediterrâneo acaba por ser água do Mediterrâneo com anomalias de altas temperaturas (7,0° a 11,0°C) e altos índices de salinidade (35,1 ups a 36,0 ups), localizado a cerca de 1100 m de profundidade (Richardson *et al.*, 1989), e é bastante utilizada de modo auxiliar na interpretação do balanço entre a lenta advecção e difusão turbulenta desde o Golfo de Cádiz, considerado reservatório da MOW entre os 010°W-020°W e 30°N-40°N, até tão distante como por exemplo o Mar do Labrador (Sparrow *et al.*, 2001). No entanto um dos impedimentos iniciais que se descobriu ao tentar seguir esta corrente salina, foi a existência de lentes de sal mediterrânicas anticiclónicas (McDowell e Rossby *et al.*, 1978). Estes coerentes e energéticos vórtices, mais conhecidos por *meddies*, contêm grandes quantidades de água vinda do *outflow* de Gibraltar, distinguindo-se pelo seu conteúdo quente e salgado, até 1,0 ups e 4,0°C maiores que o seu ambiente envolvente - Figura 5 (Richardson *et al.*, 2000).

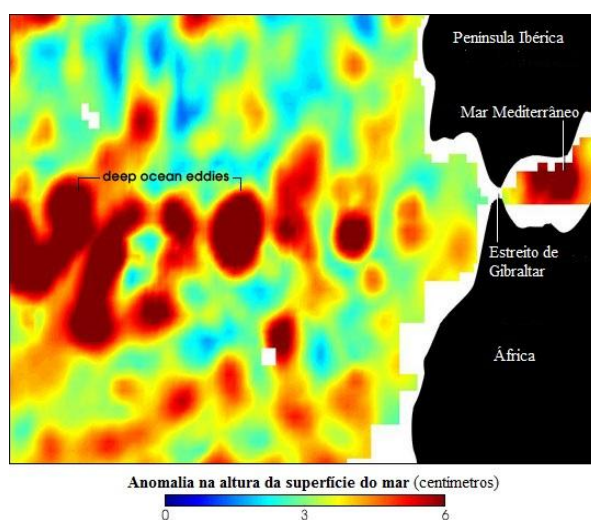


Figura 5 - Imagem resultante de vários sensores e satélites que demonstra várias zonas de anomalias à superfície do Atlântico Norte. Estas anomalias em profundidade são consideradas “*eddies* de oceano profundo”, que neste caso em concreto são resultado do MOW, os *meddies*. As áreas em branco não têm dados associados⁹.

⁹ Adaptado de *Scientists Use Satellites to Help Detect Deep-Ocean Whirlpools* - California Institute of Technology.

Os *meddies* têm uma velocidade própria, relativa ao escoamento, sendo as velocidades médias de $2,3 \pm 0,6$ cm/s para sul - sudeste, a norte de 36°N , e velocidades de $1,3 \pm 0,5$ cm/s para sudoeste, a sul de 36°N (Sparrow *et al.*, 2001). Ao se libertarem da MOW movem-se para oeste na Bacia Ibérica, com significativa quantidade deles a serem destruídos nos montes submarinos (Richardson *et al.*, 2000). Consequentemente, a salinidade libertada contribui diretamente para o transporte geral de salinidade.

A MOW depois de atingir a sua flutuação neutra, perto dos 008°W , acaba por ser intensificada pela Corrente de Vertente, ou subcorrente do Mediterrâneo. Esta corrente, perto do Cabo de São Vicente, segue para norte e continua ao longo do talude continental, sendo o seu transporte provavelmente até ao *Porcupine Bank* (50°N), a oeste da Irlanda.

Observações hidrográficas revelam que os *meddies* que se formam ao longo do talude, bloqueiam temporariamente a Corrente de Vertente fazendo afastar a MW para o largo ou interior do oceano. Posteriormente aos *meddies* se moverem do sítio, o escoamento retoma ao longo da fronteira.

2.2. Corrente e Contra Corrente dos Açores

A Corrente dos Açores (CA) faz parte do giro subtropical do Norte Atlântico e tem a sua origem a sul dos Grandes Bancos. A CA constitui um ramo da Corrente do Golfo e dirige-se para sudeste até à Crista Dorsal Atlântica a cerca de 34°N e 37°W , a sudoeste dos Açores (Kase e Siedler, 1982; Gould, 1985). Segundo Paillet e Mercier (1997), à medida que a CA se aproxima da fronteira leste, esta bifurca: um ramo para sul que acaba por se juntar à Corrente das Canárias, e outro ramo que flui até ao Golfo de Cádiz, estando em investigação a sua extensão desde a *Newfoundland Rise*.

O transporte para leste do Atlântico Norte entre 32° e 35°N realizado pela CA é observado em cerca de 10-12 Sv, sendo a sua maioria concentrado na camada dos 1000 metros superiores do oceano e realizando velocidades que excedem os 10 cm/s (Gould, 1985; Sy, 1988; Stramma e Muller, 1989; Pingree *et al.*, 1999).

Associada a esta corrente está uma frente termohalina, a Frente dos Açores, que separa a massa de água de menores salinidades e temperaturas do Atlântico Norte, de uma massa de água com maiores salinidades e temperaturas (Alves *et al.*, 2002).

Fluindo no sentido contrário, para oeste, e a norte da CA, entre 37° e 38°N, Onken (1993) foi o primeiro a sugerir a existência de outra corrente zonal, a Contra Corrente dos Açores (CCA), com um transporte de 2 a 8 Sv e bem pronunciada na camada de 0-800 metros. Stramma e Muller (1989) observaram um máximo de velocidade para a CCA de 7 cm/s.

As razões para a existência da Corrente dos Açores ainda não estão bem explicadas (Spall, 1990), no entanto segundo Jia (2000) alguns estudos numéricos concluíram que existe uma associação de dependência entre a CA e o Mar Mediterrâneo, uma vez que sempre que este é excluído a CA deixa de existir.

Como mencionado anteriormente, os *outflows* (ou *overflows*), são derramamentos de água, que passando o Estreito de Gibraltar, tem como seu destino o mar aberto. *Ouflows*, como o que acontece no Mar Mediterrâneo, ocorrem também em locais como o Estreito da Dinamarca e o Canal do Banco de Faroe acabando por ser consideradas as maiores fontes de massas de água intermédias no Atlântico Norte.

A importância do estudo deste fenómeno justifica-se pelo facto de com isto se conseguir determinar as propriedades do oceano profundo, sendo que os *outflows* afetam também as várias camadas sobrepostas do oceano.

Jia (2000) sugeriu que a formação da Corrente dos Açores depende da presença do campo de densidades induzido pelo *outflow* do Mediterrâneo. Como podemos observar mais claramente na Figura 6, a massa de água do Mar Mediterrâneo passa pelo Estreito de Gibraltar, apenas com 1 Sv, sendo que, devido à adição vinda da camada superior do Atlântico, a massa de água começa o seu percurso descendente ao longo do talude continental já com 2 Sv (Prince *et al.*, 1993).

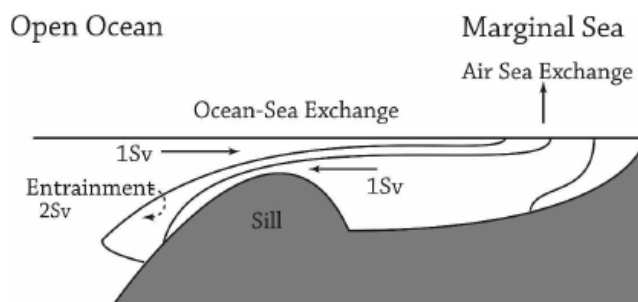


Figura 6 – Esquema representativo dos valores do transporte das massas de água durante o *outflow* da água mediterrânica.¹⁰

Posto o que foi dito anteriormente, como é que o oceano superior equilibra a perda de massa de água causada pela incorporação? Tem sido sugerido que a incorporação da NACW superior é capaz de induzir a CA e a CCA (Jia 2000; Ozgokmen *et al.*, 2001; Kida 2006). A hipótese sustenta-se no conceito de dinâmica das plumas β introduzida por Stommel (1982).

Uma pluma β é um escoamento de grande escala guiada por um forçamento de pequena escala associado a fontes e sumidoiros de massa e de vorticidade potencial. A incorporação provocada pela MOW na NACW no Golfo de Cádis representa então um sumidoiro, uma vez que há perda de massa de água na camada superior da NACW para uma camada inferior (Jia, 2000; Ozgokmen *et al.*, 2001) e também numa fonte de vorticidade potencial. A pluma β está descrita por Kida (2006) por ser uma circulação induzida pela perda ou ganho de massa numa determinada camada, sendo que consequentemente esta dinâmica pode ser descrita através da equação linear da vorticidade planetária, para uma superfície plana:

$$\beta v = \frac{f_0 w^*}{h} + A_h \nabla^2 \zeta \quad (1)$$

onde, β é o gradiente de vorticidade planetária¹¹, v a velocidade meridional, f_0 a vorticidade planetária, w^* a velocidade diapicnal (vertical, associada à

¹⁰ Adaptado de Price e Baringer (1994).

incorporação), h a espessura da camada, A_h o coeficiente lateral de viscosidade, e ζ a vorticidade relativa¹².

Analisando ambas as partes da equação linear da vorticidade planetária, imaginando uma bacia retangular, e assumindo que o atrito é desprezável no interior, uma perda de massa dentro dessa bacia ($w^* > 0$) é equilibrada por um escoamento para norte ($v > 0$), no Hemisfério Norte:

$$\beta v = \frac{f_0 w^*}{h} \quad (2)$$

Uma vez no seu estado estacionário, isto é assumindo não haver variações temporais, o escoamento para norte tem ser equilibrado por um escoamento para sul, ainda que em área distante, de maneira a que se verifique conservação de massa.

Segundo Luísa Lamas (2009) aqueles dois fluxos meridionais são ligados por dois fluxos zonais que fecham a circulação ciclónica, a chamada pluma β planetária, Figura 7, devido à presença de um gradiente de vorticidade potencial (VP¹³), esta com contributos da vorticidade planetária (e sua variação com a latitude) e da vorticidade induzida pela variação da espessura da camada ativa (variação da batimetria em particular ao longo da margem continental). O transporte da pluma β depende assim da diferença deste gradiente de VP entre os dois jatos opostos zonais (caso da vorticidade planetária) ou ao longo da margem continental (caso da vorticidade induzida pela batimetria). A perda de massa numa região vai causar um aumento de VP (pelo *vortex stretching*) nessa mesma região e,

¹¹ Vorticidade planetária ou componente vertical local do vetor da rotação terrestre em torno do seu eixo polar.

¹² Componente vertical local do vetor da rotação local do fluido, referida à superfície terrestre.

¹³ A vorticidade potencial é a tendência para a rotação de coluna de fluido, tendo em conta a soma das vorticidades relativa e planetária, e a espessura da camada ativa.

desta forma, os fluxos zonais formam-se de modo a compensar esse aumento, originando uma divergência de VP.

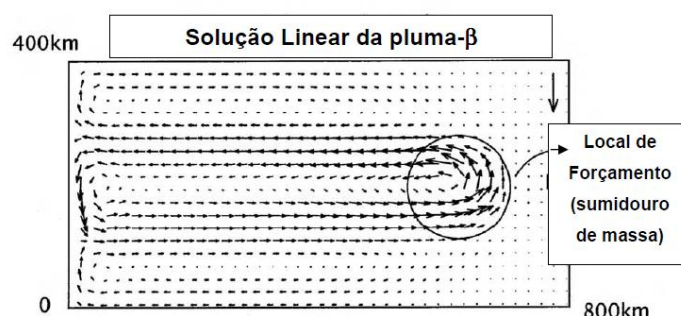


Figura 7 - Esquema representativo do local de forçamento de massa onde os fluxos zonais fecham a circulação ciclónica.¹⁴

Luísa Lamas (2009) afirmou que existem duas maneiras de forçar o escoamento em estudo, o primeiro e como descrito anteriormente será pela perda e ganho de massa de água nas diferentes camadas, e o segundo será induzido por vórtices associados à variação da espessura da camada de água pela variação da batimetria por exemplo no talude continental. Este forçamento é denominado pluma β topográfica. A variação de batimetria na região, Figura 8, de fluxo da MOW deverá também ser importante (Lopes da Costa, 2016).

Na investigação realizada por Ozgokmen (2001), este concluiu que o mecanismo da pluma β pode não ser o único fator importante na dinâmica da CA e da CCA, no entanto é provavelmente o principal fator no controlo da localização destas correntes, constatando-se assim que o transporte destas massas de água são sensíveis a dois fatores principais: a intensidade do débito descendente e do local do afundamento da MOW.

¹⁴ Adaptado de Luísa Lamas (2009)

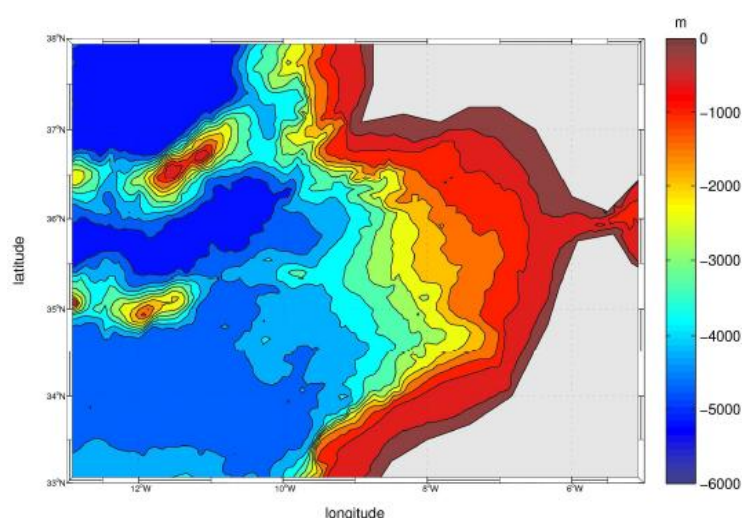


Figura 8 - Esquema representativo da batimetria do Estreito de Gibraltar.¹⁵

Assim, segundo L. da Costa (2016), acredita-se que o mecanismo da pluma β , associado à CA e à CCA, começa por ser uma pluma β topográfica ao longo do talude no nordeste do Golfo de Cádiz que, com o atrito turbulento horizontal, por exemplo associado aos *meddies*, se estende para o largo e para oeste do Cabo de São Vicente, deixando a batimetria de controlar a pluma, passando esta a ser controlada pelo gradiente de vorticidade planetária.

2.3. Dinâmica costeira de Portugal Continental

O sistema de corrente que existe no espaço marítimo envolvente de Portugal Continental é pouco definido espacialmente devido a intrigantes interações entre a costa e as correntes a uma grande escala, a topografia dos fundos oceânicos e as massas de água. Contudo, Perez *et al.* (2001) e Martins *et al.* (2002) consideram que este sistema estende-se desde os 36°N até aos 46°N de latitude, e desde as costas ibéricas até aos 024°W de longitude.

A salinidade e a temperatura nos 100 m mais superficiais variam respetivamente entre 35,8-36,0 ups e entre os 14,0°-19,0°C, dependendo do domínio da água de *upwelling* (mais fria) ou do *downwelling* (mais quente).

¹⁵ Adaptado de Luísa Lamas (2009)

Este sistema de correntes é sustentado principalmente pela zona do giro subtropical, e é compreendido pela Corrente e Contra Corrente de Portugal, mais conhecida por Corrente de Vertente, sendo o seu limite norte a Corrente do Atlântico Norte, e o seu limite sul a CA (Perez *et al.*, 2001).

A Corrente de Portugal, ou das Canárias é uma corrente larga e lenta que flui em direção a sul, estendendo-se desde os 10ºW até aos 24ºW de longitude, sendo dominante nas épocas de *upwelling* (Perez *et al.*, 2001; Martins *et al.*, 2002).

O *upwelling* costeiro deve-se essencialmente devido à pressão que a força do vento exerce na superfície oceânica. Aquando o vento sopra sobre a superfície oceânica, é criado um movimento de deflexão de 45º para a direita, no Hemisfério Norte, devido ao efeito de Coriolis. Este movimento apesar de ter efeito direto nos primeiros metros de profundidade, acaba por se propagar verticalmente ao longo da coluna de água, aumentando o ângulo de deflexão (Dias, 2015). Segundo Cushman-Roisin e Beckers (2008), este movimento de águas está associado ao processo da espiral de Ekman, que resulta do transporte de massas 90º para a direita ou para a esquerda, relativamente ao vetor de tensão do vento, no Hemisfério Norte ou Sul, respetivamente - Figura 9.

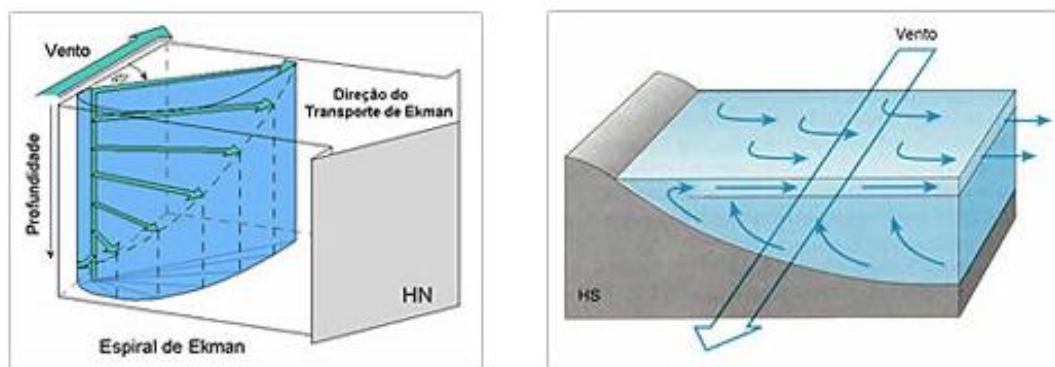


Figura 9 – Esquemas representativos do transporte de Ekman nos processos de *upwelling*, no Hemisfério Norte (à esquerda), e no Hemisfério Sul (à direita).¹⁶

¹⁶ Adaptado de *Essentials of Oceanography*, 1996 e *Oceanography: An Invitation to Marine Science*, 1993

Na plataforma continental, uma vez que há um fluxo horizontal a afastar da costa, por conservação da massa, há necessidade de reposição, e daí se dá com movimento ascendente, o *upwelling* costeiro, de águas mais profundas, para as camadas mais superficiais.

Para além do *upwelling*, existe a situação inversa, o *downwelling*, em que os ventos sopram de sul na Costa Oeste de Portugal, ou de leste na Costa do Algarve (Dias, 2015). A Corrente de Vertente, que apesar de estar sempre presente na costa portuguesa, está mais associada ao processo de *downwelling*, ocorrendo maioritariamente nos meses de outono, inverno e início da primavera, quando o vento sopra para norte, a espiral de Ekman transporta as camadas de água mais superficiais em direção à costa - Figura 10, e por sua vez por convergência horizontal na superfície, as águas são empurradas para a subsuperfície.

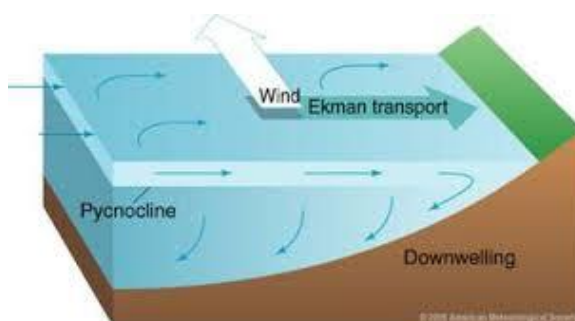


Figura 10 - Esquema representativo do transporte de Ekman no processo de *downwelling*, no Hemisfério Norte.¹⁷

No caso do sistema de correntes de Portugal, as camadas de massas de água sobrepostas não podem ser ignoradas, devido à sua direta ligação com a variação sazonal na superfície (Perez *et al.*, 2001). Abaixo da camada de variação sazonal situa-se a ENACW, entre os 200-300 m (Peliz e Fiúza, 1999; Fiúza *et al.*, 1998; Ambar e Fiúza, 1994), sendo que abaixo desta se situa a MW, que desde a profundidade dos 400 m até aos 1300 m domina, representada pelas quentes temperaturas (12,0°C), e altas salinidades (36,3 ups). A interação da água mediterrânica com os sedimentos existentes na plataforma continental causa

¹⁷ Adaptado de <http://oceanmotion.org/html/background/upwelling-and-downwelling.htm>

alguma turbulência (McCave e Hall, 2002), o que pode levar à formação de *meddies* (Cherubin *et al.*, 2000; Cherubin 2000), fenómeno mencionado em **2.1.1. *Mediterranean Outflow Water***. Locais como a planície abissal de Tagus (011°-013°W; 37°-39°N), o Cabo de São Vicente e o Promontório de Estremadura parecem ser fontes regulares de formação de *meddies* (Bower *et al.*, 2002; Cuelho *et al.*, 2002; Cherubin, 2000; Huthnance *et al.*, 2002).

Tanto a influência da ENACW como da MW acaba por diminuir em direção a norte (Âmbar e Fiúza, 1994). Segundo Coelho *et al.* (2002) e Maze *et al.* (1997), o mecanismo sazonal que ocorre ao longo da Península Ibérica deve-se à migração da alta pressão subtropical, conhecida como anticlone dos Açores, que migra meridionalmente entre os 27°N (março) e os 33°N (agosto), enfraquecendo de forma significativa nos meses de outono e inverno.

Página deixada
propositadamente em branco

3. Desenvolvimento da programação computacional

3.1. Método de investigação

Inicialmente, para a fase prática desta investigação existiam várias hipóteses de processos a utilizar, nomeadamente *software* MATLAB, ferramentas Microsoft e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Depois de alguma ponderação foi decidido a utilização do programa *Google Earth*, para visualização de imagem satélite de área de investigação, e do *software* MATLAB, pois com esta ferramenta é possível contextualizar geograficamente os resultados obtidos, resultado que se pretendia obter com SIG.

Para a investigação relativa ao espaço marítimo português, foi necessário ter em conta dois desafios primordiais: primeiro qual seria a área que melhor se identificava com o tipo de estudo, e segundo qual seria a fonte de onde poderiam ser extraídos os dados.

3.1.1. Área de investigação

Para a escolha da área de investigação, foi utilizada como auxílio teórico a publicação *IOA 102 - Comandos operacionais nacionais e NATO, áreas de responsabilidade*.

Segundo a publicação acima mencionada, o comando operacional COMNAV tem os seguintes comandos em sua dependência: Comando Naval (CN), Comando de Zona Marítima do Norte (CZMN), do Centro (CZMC), do Sul (CZMS), dos Açores (CZMA) e da Madeira (CZMM). Para os presentes comandos exercerem as respetivas missões, existem quatro áreas destinadas ao mesmo, nomeadamente: a área de defesa militar¹⁸, a área de fiscalização dos espaços marítimos sob jurisdição nacional que compreende o mar territorial¹⁹, as águas interiores²⁰ e a

¹⁸ Artigo 3º do Decreto-Regulamentar n.º 39/94, de 1 de Setembro.

¹⁹ Artigo 1º da Lei 33/77, de 28 de Maio.

²⁰ Artigo 8º da Convenção das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar, de 1982.

zona económica exclusiva²¹ (ZEE), a área de busca e salvamento marítimo²², e a área operacional da Marinha (AOM).

Posto isto, foi adotada uma área de investigação, a variar entre as latitudes 30°N e 45°N, e as longitudes 005°W e 040°W. No *Google Earth* foi representada graficamente esta área - Figura 11 e Figura 12.

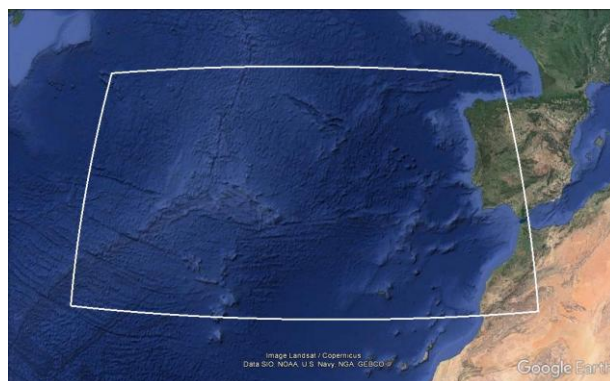


Figura 11 - Representação gráfica da área de estudo compreendida entre as latitudes 30°N e 45°N, e entre as longitudes 005°W e 040°W.

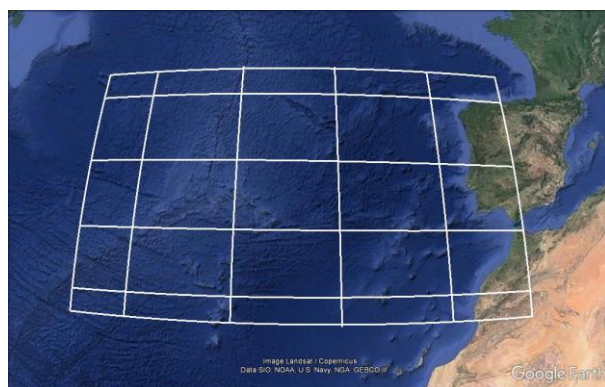


Figura 12 - Representação gráfica da área de estudo e as respetivas divisões pelas latitudes 31,5°N, 35,5°N, 39,5°N e 43,5°N, e pelas longitudes 011,5°W, 019,5°W, 026,5°W e 035,5°W.

²¹ Decreto-Lei n.º 119/78, de 1 de Junho.

²² Artigo 5º do Decreto-Lei n.º 15/94, de 22 de Janeiro.

3.1.2. Base de dados

Depois de alguma pesquisa foi escolhida a *World Ocean Atlas 2013* (WOA13) como fonte de extração dos dados oceanográficos necessários para posterior tratamento.

A *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)²³ tem como um dos ramos da sua investigação a *National Oceanographic Data Center* (NODC), que é considerado um dos maiores arquivos de dados climáticos de todo o mundo. Em 1994 foi criada a primeira base de dados, produto da NODC, a *World Ocean Atlas 1994* (WOA94) que incluía perfis verticais em vários níveis de profundidade de seis variáveis diferentes: temperatura, salinidade, oxigénio, fosfatos, nitratos e silicatos.

Ao longo dos anos esta base de dados tem vindo a ser atualizada, sendo que em 2013 foi lançada uma nova atualização, a WOD13 (*World Ocean Database 2013*). Esta é uma expansão do seu antecedente, WOD09 (*World Ocean Database 2009*), contendo inúmeros dados que até agora não estavam disponíveis.

Na WOD13 o número de níveis de profundidade aumentou de 48 para 138, providenciando assim uma melhor resolução vertical. Tal como na base de dados de 2009, também nesta é possível adquirir os dados *online*, através do *website* oficial da NODC²⁴.

Em conjunto com a atualização que deu origem à WOD13, foi também feita uma atualização da WOA09 (*World Ocean Atlas 2009*), dando origem à WOA13 (*World Ocean Atlas 2013*). Os WOA representam os dados da WOD analisados em forma de rede, sendo cada variável oceanográfica representada separadamente, e podendo ser estudada consoante o seu nível de profundidade, período de tempo e área geográfica.

As WOD e as WOA são usadas sistematicamente em estudos da variabilidade oceânica num contexto climatológico e, devido a este facto, acabaram

²³ Organização que faz parte do Departamento de Comércio dos Estados Unidos e trata de assuntos como: meteorologia, oceanos, atmosfera e clima.

²⁴ <http://www.nodc.noaa.gov/>

por ficar conhecidas como “Climatologia de Levitus” em honra do seu pioneiro, Sydney Levitus.

Dito isto, os dados que foram extraídos no *website* oficial da NODC, foram os dados da climatologia mundial desde 1955 até 2012, nas variáveis de temperatura e salinidade nos diferentes níveis de profundidade - Anexo A.

3.1.3. Escolha de gráficos

Adquiridos os dados de temperatura e salinidade, foi levado a cabo tentativas de gráficos que nos permitissem a interpretação e análise de resultados de diferentes perspetivas, nomeadamente por imersões e por latitudes ou longitudes fixas em situações geográficas à escolha.

Para a caracterização dos tipos de massas de água optou-se por analisar o comportamento de quatro propriedades da água, sendo elas a temperatura, a salinidade, a densidade e a velocidade do som. A salinidade mede a quantidade de sais que se encontram dissolvidos nas massas de água, uma vez que estes alteram ligeiramente as propriedades físicas da água como por exemplo a compressibilidade, expansão térmica, e velocidade e refração do som. A salinidade média em mar aberto é de 34,7 ups, podendo variar geograficamente entre 33,0 e 38,0 ups (Lopes da Costa, 2016). Esta propriedade tem também um papel influente na densidade das massas de água, sendo que a densidade aumenta com os aumentos da salinidade e da pressão, e diminui com o aumento da temperatura. A temperatura é uma propriedade proporcional à energia cinética média das moléculas do sistema, sendo que nas camadas superiores do oceano, até aos 500-1000 m de profundidade, nas latitudes baixas e médias, a temperatura é o parâmetro que mais influencia a densidade.

A densidade (kg/m^3) é uma variável de extrema importância uma vez que a sua distribuição é relacionada com a força que mostra a circulação interna no oceano, influenciando as forças de impulsão e movimentos verticais e as forças de gradientes de pressão horizontais e movimentos horizontais. Esta propriedade tem grande interesse na oceanografia física uma vez que auxilia a determinação das profundidades em que as massas de água se mantêm em equilíbrio. Como já

referido anteriormente a densidade é afetada pela temperatura e pela salinidade, sendo ligeiramente afetada pela pressão, uma vez que a água é quase incompressível.

A energia acústica é uma forma conveniente de se transmitir informações a longas distâncias no oceano, sendo bastante eficaz na medição de profundidades, temperaturas e correntes. A velocidade de propagação da energia acústica (m/s) varia pouco com a salinidade, sendo que os efeitos da temperatura e pressão podem ser mais relevantes. Com o estudo da velocidade do som é possível o cálculo do canal SOFAR²⁵, onde as ondas de som ficam retidas.

Para a caracterização das correntes existentes na área de investigação, mas que não são tão perceptíveis, optou-se por analisar graficamente as correntes geostróficas. Segundo L. da Costa (2015) o equilíbrio geostrófico, ou geostrofia, é um movimento de grande escala que é atingido devido a equilíbrio entre a força do gradiente horizontal de pressão (desníveis de superfície do mar ou gradientes horizontais de densidade) e a força de Coriolis da rotação da Terra.

O movimento geostrófico é representado nas componentes horizontais segundo os eixos E/W e N/S, respetivamente, por:

$$fv = \frac{1}{\rho} \frac{\delta p}{\delta x} \quad e \quad fu = - \frac{1}{\rho} \frac{\delta p}{\delta y} \quad (3)$$

onde o primeiro membro de cada equação representa a força de Coriolis, e o segundo a força de gradiente horizontal da pressão. Esta é considerada a melhor aproximação para o interior do oceano, afastado da superfície, do fundo e das margens, ou seja na ausência de atrito, sejam do forçamento do vento ou sejam da proximidade do fundo.

²⁵ *Sound Fixing and Ranging Channel* - SOFAR - é uma região situada nas águas profundas do oceano, centrado sobre a imersão onde a velocidade do som atinge o seu mínimo.

3.2. Software Matlab

Para o desenvolvimento deste programa foi utilizado o *software* Matlab r2015a, e foram utilizadas diferentes funções para que o produto final gerasse os gráficos mencionados em 3.1.3. **Escolha de gráficos.**

Quanto à programação este projeto pôde ser dividido em três partes principais: a introdução das funções de cálculo da densidade e da velocidade do som na água do mar, construção de uma tabela de cálculo para as variáveis da temperatura e salinidade ao longo das camadas da imersão, tendo em conta também as funções anteriormente mencionadas, e por fim a construção de um *Graphical User Interface* (GUI) que permitisse ao utilizador uma interação com o produto final.

3.2.1. Funções de cálculo da densidade e da velocidade do som

Para o cálculo da densidade e da velocidade do som na água do mar, foram tidos em conta o estudo de EOS-80, *Equation Of State 1980*, e o estudo de TEOS-10, *Thermodynamic Equation of State 2010*.

A EOS-80 foi desenvolvida devido à necessidade de programar algoritmos que permitissem o cálculo da estabilidade de propriedades, particularmente no oceano profundo (UNESCO, 1983). Mais tarde, em 2010, foi desenvolvida a TEOS-10, na tentativa de completar as expressões de entalpia, entropia e energia interna, em falta na EOS-80. A TEOS-10 tem também a particularidade de contabilizar os efeitos de composição da água do mar dependendo da localização geográfica a que se encontram.

Quanto à EOS-80, os dados de temperatura e salinidade necessários para o cálculo desta equação, têm de ser apresentados em unidades *in situ*²⁶ e salinidade prática, respetivamente. No que se refere ao cálculo da densidade, este foi obtido

²⁶ Termo utilizado para descrever a temperatura de uma massa de água a uma profundidade específica. É considerada uma propriedade não conservativa pois o seu valor pode ser alterado por outros processos que não os de mistura, por exemplo, através de compressão e descompressão adiabática.

pela sequência de vários passos, estando integradas algumas variáveis como: densidade de água doce na superfície (ρ_w), densidade de água salgada à superfície (ρ_{st0}), anomalia de *knudsen* (σ_t), *bulk modulus* ou coeficiente de incompressibilidade da água doce na superfície (k_w), *bulk modulus* ou coeficiente de incompressibilidade da água salgada (k_{st0}), *bulk modulus* ou coeficiente de incompressibilidade *in situ* (k_{stp}), densidade *in situ* (ρ_{stp}), anomalia de densidade *in situ* (σ_{stp}), volume específico *in situ* (α_{stp}) e anomalia de volume específico *in situ* (δ) - Apêndice B. No cálculo da velocidade do som na água do mar, foi optado pela equação desenvolvida por Chen e Milero (1997)²⁷, sendo esta considerada o algoritmo internacional, ou algoritmo da UNESCO - Apêndice C.

Contrariamente à EOS-80, na TEOS-10 os dados de temperatura e salinidade têm de se apresentar convertidos para temperatura conservativa²⁸ e salinidade absoluta²⁹. Para a utilização desta equação foi utilizado o *GSW Oceanographic Toolbox of TEOS-10*³⁰, tendo sido utilizadas várias funções de modo a converter as unidades dos dados e a permitir o cálculo da densidade e da velocidade do som - Anexo B.

Perante a existência de duas formulações distintas, foi realizado um estudo para apurar as diferenças relativas da temperatura, salinidade, densidade e velocidade do som, na área de estudo desta investigação - Apêndice D - sendo que os resultados demonstram diferenças relativas médias de 0,02% no cálculo da densidade, e 0,02% no cálculo da velocidade do som. Quanto às diferenças relativas da densidade estas mostraram valores a variar entre 0,01-0,02%, e quanto à velocidade do som as diferenças relativas mantiveram-se entre os valores 0,00-(-0,13)%.

²⁷ Adaptado de UNESCO technical papers in marine science 44, pp. 46-50.

²⁸ Representado por T_C , esta é uma propriedade conservativa. A T_C é a entalpia potencial dividida pelo calor específico da água na superfície do mar a pressão constante $c_p^0 \equiv 3991,86795711963 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. A diferença entre temperatura potencial e temperatura conservativa pode ser tão grande quanto 0,14°C.

²⁹ Propriedade conservativa que define a fração de massa de material dissolvido (S_A).

³⁰ <http://www.teos-10.org/>

Na presente investigação foi decidido analisar os resultados obtidos pela utilização da TEOS-10 por ser a mais recente e completa equação, no entanto, e como poderemos ver mais à frente, é dada a hipótese do utilizador escolher analisar graficamente entre as duas equações.

3.2.2. *Graphical User Interface*

Um *Graphical User Interface* (GUI), ou interface gráfico de utilizador, permite a interação por parte de qualquer utilizador, cabendo a este a decisão de quais os resultados que pretende obter graficamente.

A programação desenvolvida para este GUI possibilita a seleção de dois ficheiros (em formato .CSV), de temperatura e salinidade, podendo ser mensais ou anuais. Os ficheiros carregados têm como limitação a obrigatoriedade de terem sido descarregados no *website* da NOAA.

O GUI é constituído por quatro menus principais (explicados detalhadamente em **3.2.7. Funções de menus**), e quatro painéis: “Equação de cálculo”, “Localização”, “Gráficos” e “Resultados”.

Quanto aos menus foram construídos de modo a ter variadas funcionalidades como a seleção de áreas de investigação de interesse já predefinidas com as respetivas coordenadas, seleção do tipo de gráficos que é pretendido analisar e até hiperligações a *websites* de interesse como o *website* da NOAA. Em relação aos diferentes painéis, o primeiro, o da “Equação de cálculo” permite ao utilizador selecionar quais as equações que pretende utilizar, EOS-80 ou TEOS-10, o da “Localização” pretende ser um espaço dedicado à inserção das latitudes e longitudes que delimitam a área de estudo, assim como à profundidade de interesse, os “Gráficos” pretendem ser duas listas (“*pop up menu*”) associadas à variável que se pretende investigar que, por fim, irá ser apresentada graficamente nos “Resultados” - Figura 13 e Figura 14.

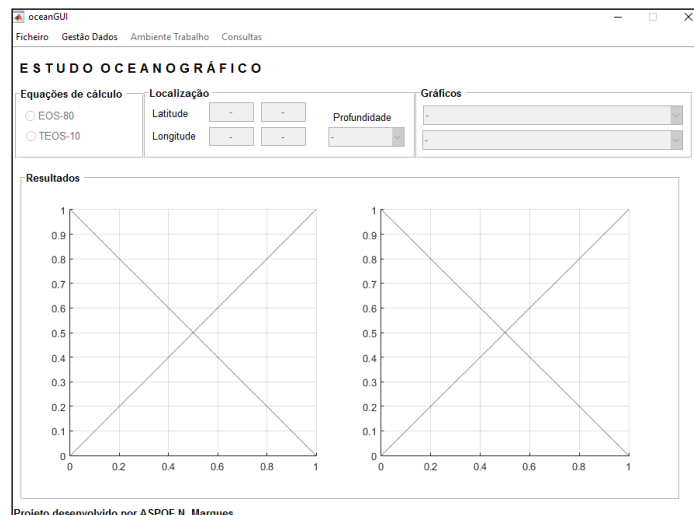


Figura 13 - *Graphical User Interface* criado, sem carregamento de dados e com todos os campos desativados.

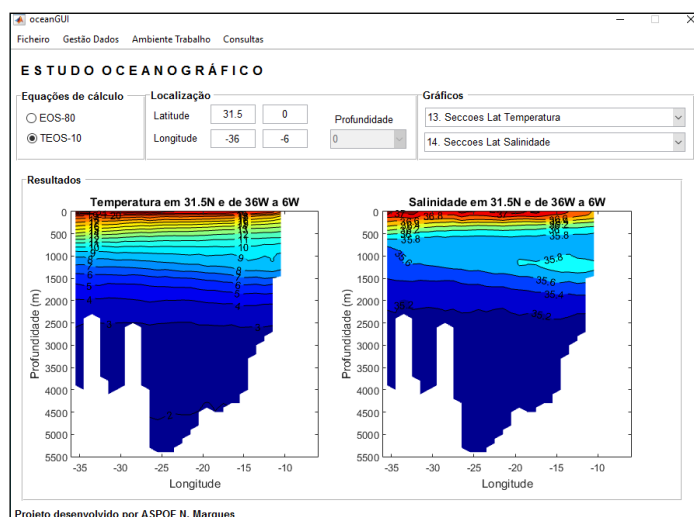


Figura 14 - *Graphical User Interface* criado, com dados carregados e com gráficos exemplificativos para uma área escolhida.

3.2.3. Funções de inicialização

As funções de inicialização são funções que o *software* cria por defeito assim que optamos por criar um GUI. Neste caso são três as funções que dão início ao GUI, sendo que foi aproveitada uma delas para acrescentar o código de criação de um espaço de trabalho - *workspace* - onde podem ser guardados as matrizes utilizados ao longo do projeto - Apêndice E.

3.2.4. Funções de preparação

As funções de preparação são duas, a função de *reset* de *inputs* e a função de *reset* de *plots*. Ambas servem para definir qual o aspeto do GUI quando se inicia esta funcionalidade. A primeira função definida guarda informações pré definidas no ficheiro *workspace*, nomeadamente as imersões e os ensaios (tipos de gráficos), e desativa (enquanto os dados não são carregados) e ativa (quando os dados já foram carregados) os campos das coordenadas. Por fim a função de *reset* de *plots*, tal como o nome indica, define a janela de gráficos que posteriormente irá receber os dados para representar - Apêndice F.

3.2.5. Funções de organização de dados

Quanto à organização dos dados, é constituída por cinco funções principais. A primeira - Apêndice G - é a função destinada ao carregamento dos ficheiros de dados, estando definida a abertura de dois ficheiros (ambos em formato .CSV): o primeiro da temperatura, e o segundo da salinidade. Posteriormente ao carregamento de dois ficheiros foi necessário criar um ciclo que permitisse o equilíbrio dos vetores garantindo a mesma dimensão.

A segunda função - Apêndice H - tem como objetivo o cálculo da densidade e da velocidade do som a partir dos dados anteriormente carregados. Nesta etapa têm-se em atenção a opção de cálculo da EOS-80 ou TEOS-10. É nesta função que são calculados o valor mínimo, máximo, valor médio e desvio padrão da temperatura, salinidade, densidade e velocidade de som, sendo colocados todos estes cálculos na tabela *workspace*.

Nas restantes três funções dá-se a filtragem de dados, começando por uma filtragem de coordenadas geográficas, garantindo que os dados, que vão ser analisados, estão compreendidos entre a latitude e a longitude máximas e mínimas seleccionadas pelo utilizador - Apêndice I.

3.2.6. Funções da área geográfica

Quanto à área geográfica seleccionada pelo utilizador, são oito as funções - Apêndice J - responsáveis por esta etapa, sendo que quatro delas são criadas por

defeito. As outras quatro funções têm como objetivo verificar os valores inseridos nas caixas de texto, arredondando-os para as unidades, e verificando se existe alguma consistência nos valores máximos e mínimos, corrigindo-os se necessário.

3.2.7. Funções de menus

No GUI, que foi construído neste projeto, foi optado por ser criado na barra de menus quatro menus principais - Apêndice K - que auxiliassem a organização de informação e seleção de componentes necessários para o funcionamento.

O primeiro menu, intitulado de “Ficheiro”, acaba por ser o mais básico, tendo apenas três submenus: “Abrir NOAA” que é uma hiperligação ao *website* oficial da NOAA e onde o utilizador pode fazer o *download* dos dados que vai precisar de utilizar ao longo do programa, “Abrir Google Earth” que é uma hiperligação ao *website* da Google, e o submenu “Sair” que, tal como o nome indica, fecha o programa.

O segundo menu, com o nome “Gestão de Dados”, tem três submenus associados: “Exportar dados” que nos permite exportar para formato .XLS os dados resultantes dos cálculos realizados - Apêndice L -, “Localizações” que tem como objetivo auxiliar o utilizador na inserção de coordenadas geográficas, uma vez que dentro deste submenu estão presentes várias áreas de interesse tais como: Atlântico Norte Subtropical, Atlântico Norte Subpolar, Atlântico Nordeste / Portugal, Atlântico Noroeste / EUA, Índico Norte, Africa do Sul e Passagem de Drake / Antártida, e por fim “Arranque automático” que permite ao programa desenvolver-se automaticamente sem que haja a necessidade de estar constantemente a serem carregados os mesmos dados.

O menu “Ambiente Trabalho” tem dois submenus associados: “Mostrar dados” com a função de mostrar ao utilizador, na janela de comando, os dados trabalhos e organizados, e “Limpar histórico” onde a janela de comando fica limpa de quaisquer dados que lá estejam.

Por fim no menu “Consulta” é constituído por oito submenus: Perfis de imersão - média, Perfis de imersão - pontos fixos, Mapas de imersão, Secções verticais - Latitude, Secções verticais - Longitude, Correntes por Latitude - N/S,

Correntes por Longitude - E/W e Correntes por Imersão onde o utilizador pode seleccionar quais as opções que pretende analisar e consequentemente os menus *popup* que ficam ativos.

3.2.8. Funções de gráficos, eixos e *radiobuttons*

Ao longo da programação deste GUI tiveram de ser construídas certas funções para definir a actualização dos gráficos à medida que as seleções do utilizador vão sendo alteradas - Apêndice M. Para além destas, foi necessário criar uma função que permitisse ao programa actualizar os gráficos seleccionando previamente o tipo de cálculos para apresentar o respetivo tipo de gráfico, nomeadamente existe uma função que define uma matriz para os gráficos com *contourf*, os gráficos de mapas de imersão - Apêndice N. Por fim foi criada uma funcionalidade que permitisse ao utilizador fazer a exportação do gráfico apresentado, podendo deste modo utilizá-lo para efeitos de tratamento de resultados - Apêndice O.

Para seleção entre as fórmulas, EOS-80 e TEOS-10, foram implementados ao programa dois *radiobuttons* que permitem ao utilizador escolher o método de cálculo pretendido - Apêndice P.

4. Tratamento e interpretação de resultados

Para a interpretação dos resultados gráficos, é importante ter em atenção o facto de ter sido escolhido o método TEOS-10 em todos os gráficos, e desta maneira as unidades associadas às propriedades estudadas são: para a temperatura conservativa graus centígrados ($^{\circ}\text{C}$) e para a salinidade absoluta (g/kg).

4.1. Análise geral

Os primeiros gráficos que foram optados por analisar têm como finalidade a análise geral do panorama dentro da área de investigação, tendo sido calculada a média, máximo e mínimo das quatro variáveis em estudo, à medida que a profundidade aumenta.

Analisando a Figura 15, são destacáveis as alterações dos valores máximos do sinal térmico entre os 700 e 1500 m a variar entre os 13° e 5°C , com evidências de um máximo relativo aos 1400 m. Quanto à Figura 16, a variável da salinidade máxima sofre uma variação entre os 550 e os 1500 m com valores a variar entre 36,2 - 35,3 g/kg, mas com um máximo relativo na profundidade de 1200 m com 36,6 g/kg, evidenciando a presença da MOW.

À priori as conclusões retiradas da interpretação destes valores, é que a MOW tem presença desde os 600 aos 1500 m, estando o seu núcleo compreendido entre os 1100 e os 1300 m de profundidade. No entanto segundo Ambar e Howe (1979) o fluxo de água que sai do Mar Mediterrâneo, divide-se em dois núcleos distintos: um núcleo superior com um máximo relativo de $12,6^{\circ}\text{C}$ a 660 m de profundidade, e um núcleo inferior com um máximo de salinidade aos 1300 m de profundidade.

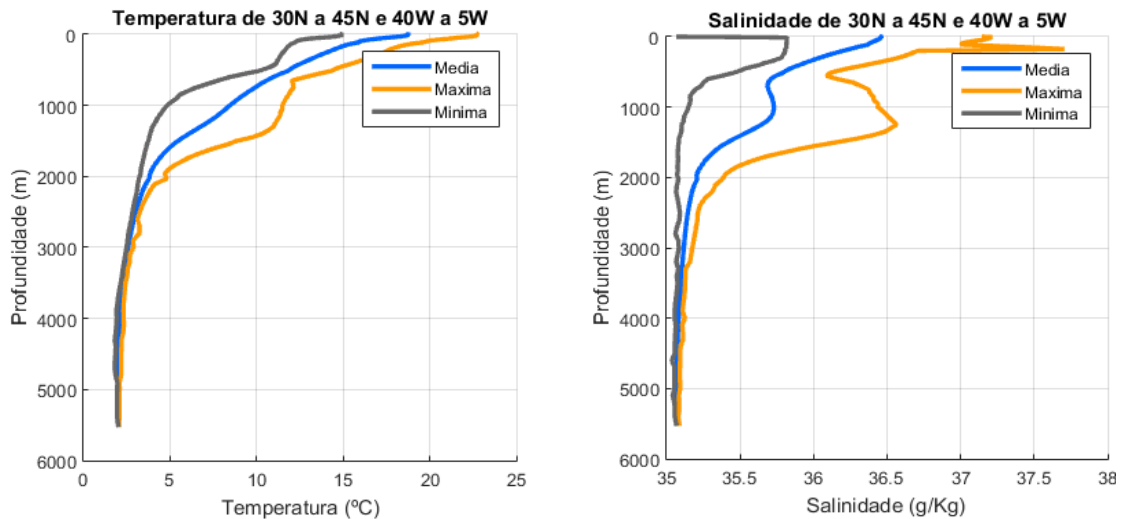


Figura 15 (à esquerda) e **Figura 16** (à direita) - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, onde são representadas as médias, máximos e mínimos das variáveis temperatura e salinidade compreendidas na área de investigação.

Como interpretação comum de ambos os gráficos, é notória a quase uniformidade a partir dos 2000 m de profundidade, como consequência da entrada em águas profundas em que a variação de valores é mínima, a temperatura encontra o seu equilíbrio a partir dos 3000 m com o valor de 2°C, e a salinidade absoluta a partir dos 3100 m com 35,1 g/kg.

Relativamente ao tratamento do gráfico da densidade - Figura 17 - é de fácil compreensão os seus resultados, uma vez que se trata de uma variável auxiliar para definir os limites de equilíbrio dos tipos de água. Neste tipo de gráficos é notório uma continuidade praticamente linear no traçado achando-se as águas menos densas sobrepostas às mais densas.

Quanto à velocidade do som - Figura 18 -, como consequência das alterações de temperatura e salinidade vistas acima, acaba também por sofrer variações no seu comportamento sobressaindo dois canais de som (nos mínimos de velocidade do som): o superior entre os 500 e 1200 m com um mínimo relativo de 1509 m/s aos 650 m, e o inferior entre os 1200 e 3100 m com mínimo relativo de 1502 m/s aos 2000 m.

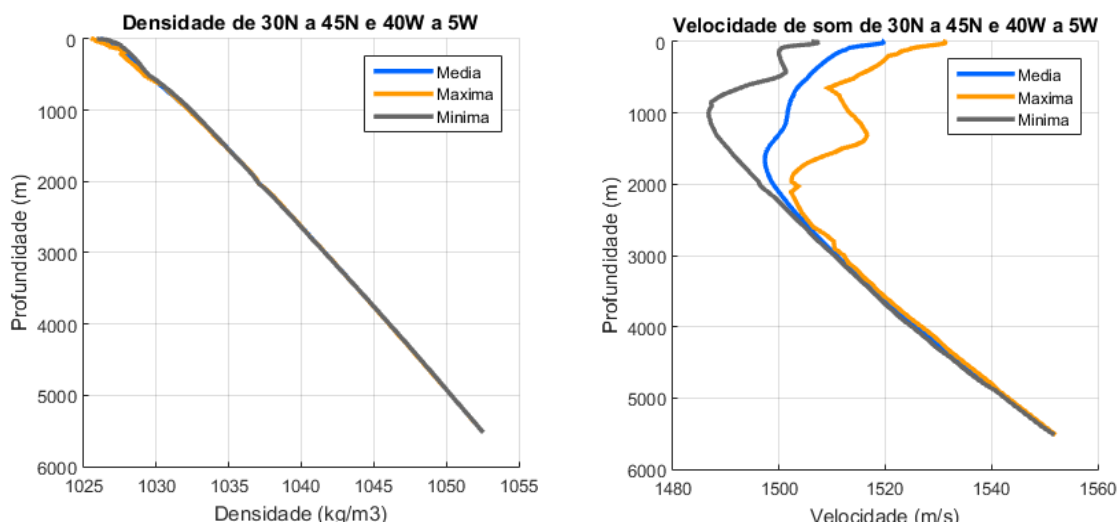


Figura 17 (à esquerda) e **Figura 18** (à direita) - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, onde são representadas as médias, máximos e mínimos das variáveis densidade e velocidade do som compreendidas na área de investigação.

4.2. Análise por situação geográfica

Quanto ao estudo gráfico afigurou-se importante não só analisar o panorama geral, mas também em pontos geográficos específicos de modo a compreender a alteração das características das massas de água ao longo da área de investigação. Para este tipo de interpretação foi optado também por gráficos de perfis verticais, que descrevessem o comportamento das propriedades ao longo das camadas de imersão.

Para esta análise foram tidos em conta apenas os pontos geográficos que melhor clarificam a evolução ao longo da área de investigação.

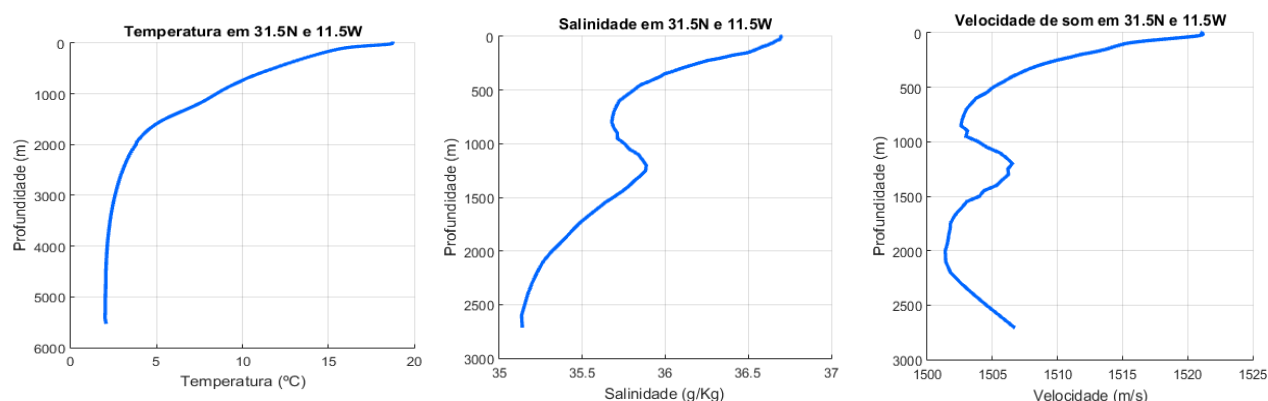
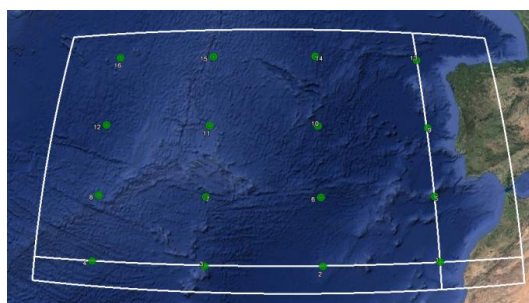
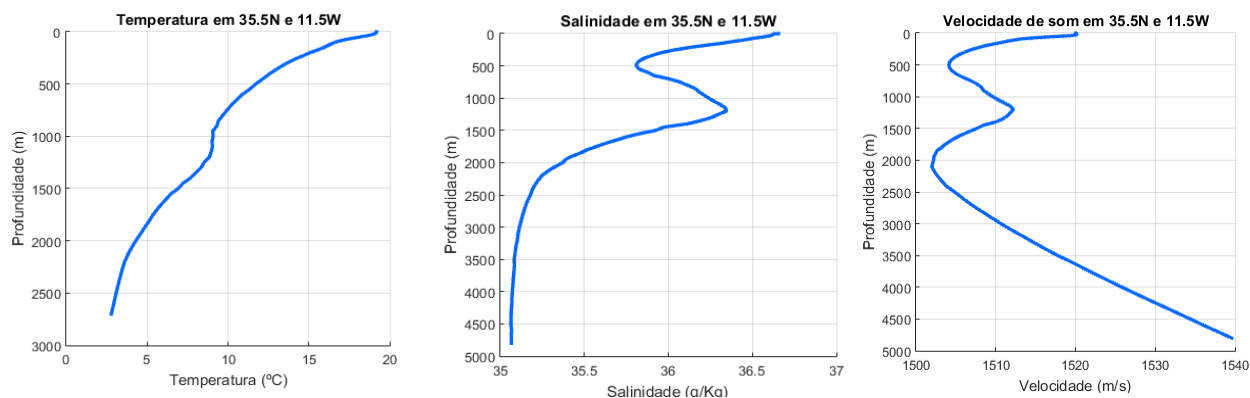
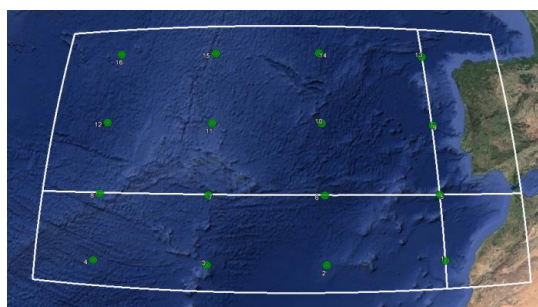


Figura 19 - Imagem situacional do Google Earth (em cima) e gráficos de perfis verticais resultantes do programa em Matlab produzido, nas coordenadas 31,5°N e 011,5°W. Representação da temperatura, salinidade e velocidade do som (esquerda para a direita) ao longo da profundidade.

Interpretando os gráficos representados na Figura 19, podemos observar que no gráfico da temperatura não há nenhuma alteração significativa, no entanto o gráfico da salinidade já aparenta sofrer alguma influência da MOW uma vez que entre os 900 e os 1500 m há um aumento anormal do grau de salinidade absoluta que atinge os 35,8 g/kg. Esta variação vai provocar, consequentemente, um comportamento diferente do esperado no gráfico da velocidade do som, passando a ter dois canais do som, no lugar de um. O canal superior situa-se entre os 500 e os 1200 m, e o canal inferior situa-se entre os 1300 e os 2500 m.



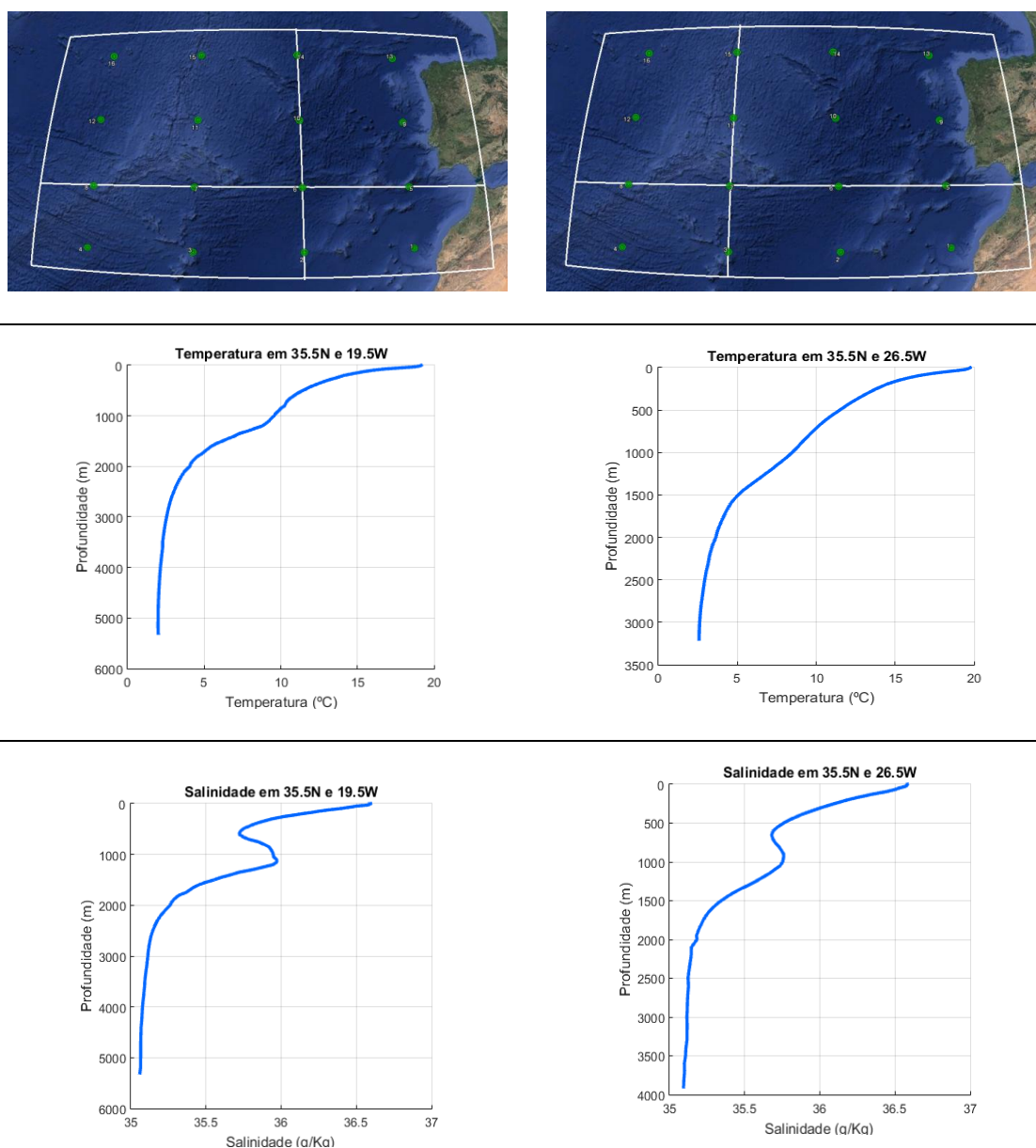


Figura 21 - Imagem situacional do Google Earth (em cima) e gráficos de perfis verticais resultantes do programa em Matlab produzido (no meio da temperatura, e em baixo da salinidade). A coluna da esquerda representa as coordenadas 35,5°N e 019,5°W, e a da direita as coordenadas 35,5°N e 026,5°W.

Comparando, primeiro a coluna da esquerda da Figura 21, com os gráficos representados na Figura 20, é de mencionar uma subida em profundidade da anomalia térmica na longitude mais oeste, assim como a diminuição do sinal salino. Quanto à segunda coluna, é visível a continuidade da dissipação de sinais

característicos da MOW ao longo do aumento da longitude, até ao fim da nossa área de investigação.

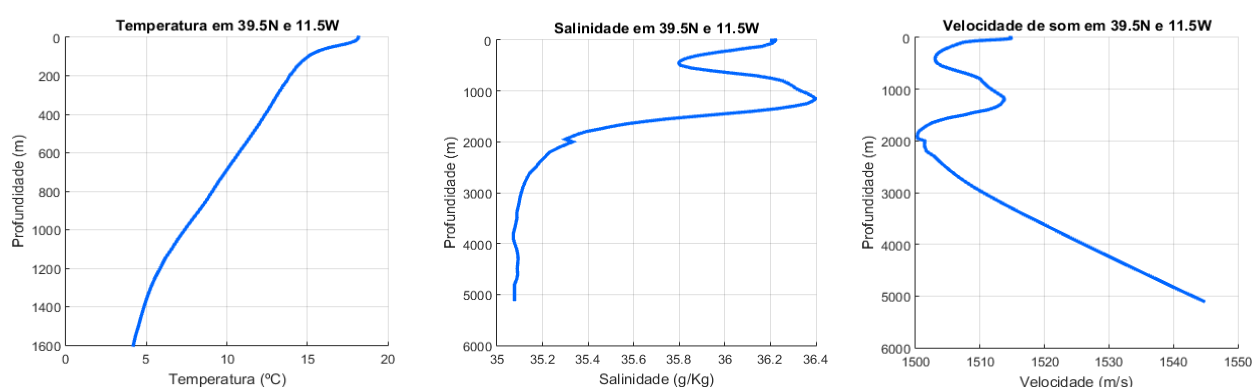
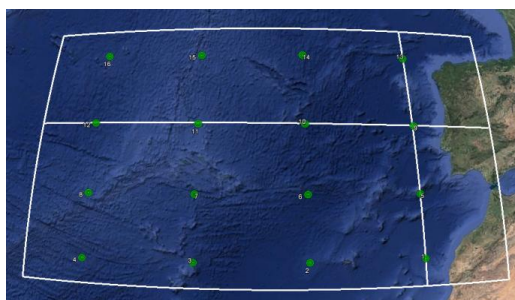


Figura 22 - Imagem situacional do Google Earth (em cima) e gráficos de perfis verticais resultantes do programa em Matlab produzido, nas coordenadas 39,5°N e 011,5°W. Representação da temperatura, salinidade e velocidade do som (esquerda para a direita) ao longo da profundidade.

Continuando a análise para norte, ao longo da costa portuguesa - Figura 22, continua a ser evidente a presença da MOW. O nível de salinidade absoluta continua a demonstrar uma variação entre os 500 e os 1300 m, atingindo o máximo relativo de 36,4 g/kg, ou seja mantém o seu nível de salinidade que apresentava na longitude inferior analisada. A esta longitude continua também a existir dois canais de som, sendo que desta vez o canal superior se apresenta desde a superfície até aos 1100 m, e o canal inferior desde os 1100 até aos 3000 m.

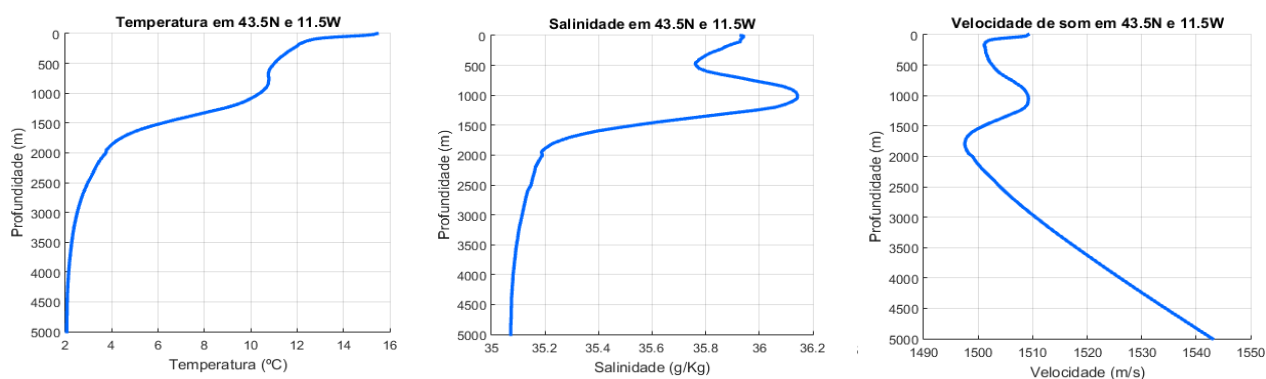
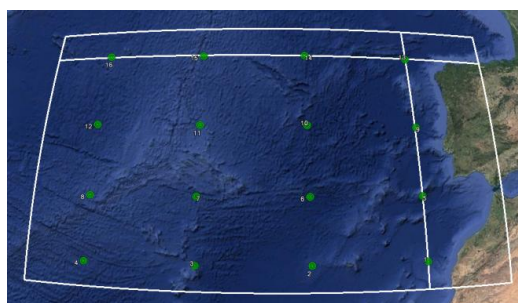


Figura 23 - Imagem situacional do Google Earth (em cima) e gráficos de perfis verticais resultantes do programa em Matlab produzido, nas coordenadas 43,5°N e 011,5°W. Representação da temperatura, salinidade e velocidade do som (esquerda para a direita) ao longo da profundidade.

De modo a terminar a análise junto à costa oeste da Península Ibérica, decidiu-se analisar a situação geográfica representada na Figura 23, que demonstra novamente uma anomalia salina que evidencia a presença de MOW, variando de 500 a 1400 m, atingindo um máximo relativo de aproximadamente 36,1 g/kg, notando-se aqui um desvanecimento da presença de ambos os canais do som.

O conjunto de gráficos revela que as anomalias de temperatura e de salinidade, associadas à MOW, são mais nítidas e concentradas junto e ao longo da margem continental de Portugal, sendo progressivamente dissipadas com o afastar para norte e sobretudo para oeste. O sinal da MOW revela-se menos para sul, ou seja ao longo da costa NW de África.

4.3. Análise por camadas de imersão

Uma análise por imersão permite uma avaliação horizontal das massas de água ao longo da longitude e latitude. Neste tipo de representação de dados foi optado por gráficos de contorno, que permitissem delimitar os limites de valores diferentes.

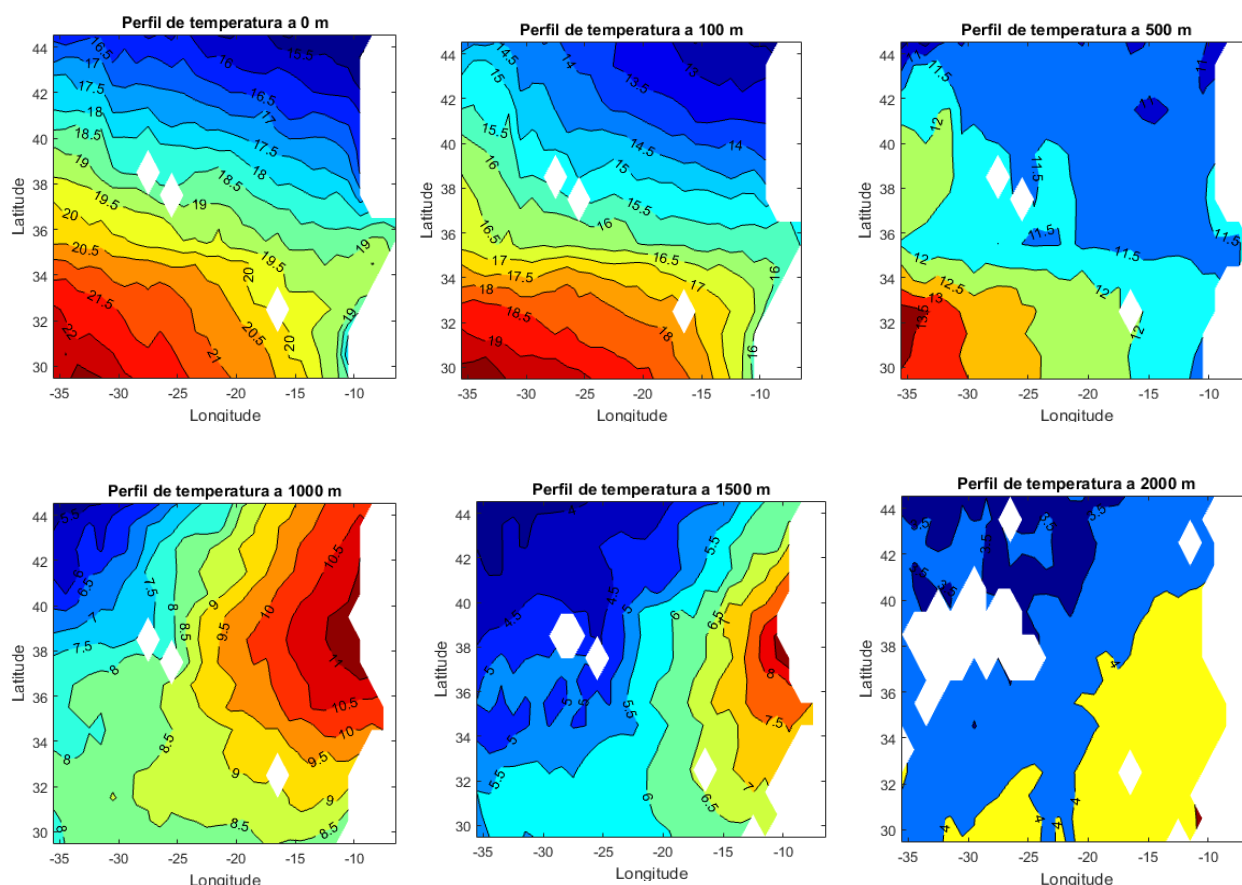


Figura 24 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, compreendidos na área de investigação. Distribuição de temperaturas (°C) nas profundidades: 0, 100, 500, 1000, 1500 e 2000 m (sequência da esquerda para a direita e de cima para baixo).

Uma análise por imersão permite uma avaliação horizontal das massas de água ao longo da longitude e latitude. No que diz respeito à temperatura - Figura 24 -, nos primeiros 100 m de profundidade são visíveis elevados gradientes N-S, variando entre os valores de 15,5°-22°C à superfície e 13°-19°C aos 100 m, sendo notória a presença de menores temperaturas a norte e ao longo da costa

portuguesa, facto que pode ser justificado pelo fenómeno de *upwelling* - ascensão de águas profundas, mais frias. Ainda nestes níveis de profundidade é possível verificar baixos gradientes E-W a norte, que aumentam bastante a sul e sudeste. Este último gradiente mencionado está relacionado com a existência da corrente fria de Portugal ou das Canárias e *upwelling* costeiro.

Quanto à imersão dos 500 m, podemos constatar que ambos os gradientes (N-S e E-W) diminuem, justificado pelo facto de, a esta profundidade já não existir tanta influência dos agentes meteorológicos ou termodinâmicos da superfície. A temperatura nesta imersão varia entre 11°C a norte e nordeste, e 13,5°C a sudoeste da área. Nesta camada continuam a ser visíveis evidências de água mais fria a leste.

Com o seguimento da análise dos gráficos obtidos, ao longo da profundidade, há uma drástica diferença na passagem para o gráfico seguinte, relativo aos 1000 m. Neste dá-se um aumento de temperatura para os 11°C perto de costa, que se estende para norte para além dos 45°N, e para oeste com destacável presença até aos 025°W, com 8°C. Quanto ao gráfico dos 1500 m de profundidade já se nota um desvanecimento do sinal térmico, com 8°C na costa, que se desvanecem até aos 020°W com 6°C. Este comportamento de temperatura é indício da MOW, tendendo para norte devido ao efeito de Coriolis, e Corrente da Vertente.

A evolução da característica térmica, dos 1000 m para os 1500 m representada nos gráficos, ajuda na conclusão que o núcleo da MOW se situa mais próximo dos 1000 m e não tanto dos 1500 m, dando forças à afirmação de que este núcleo se mantém entre os 1100 m e os 1300 m.

Mais uma vez a partir dos 2000 m é evidente um menor gradiente térmico, devido à aproximação da camada isotérmica profunda onde é mínima a variação de temperatura.

No que se refere à salinidade - Figura 25 -, as conclusões gráficas acabam por ir de encontro às tiradas nos gráficos da distribuição da temperatura. Analisando os dados desde a superfície até aos 100 m de profundidade, é evidente

um elevado gradiente N-S - aspeto mais acentuado à superfície - com grau de salinidade absoluta a variar entre 37,1 g/kg a sul/sudoeste e 35,9-36,0 g/kg a norte e ao longo da costa.

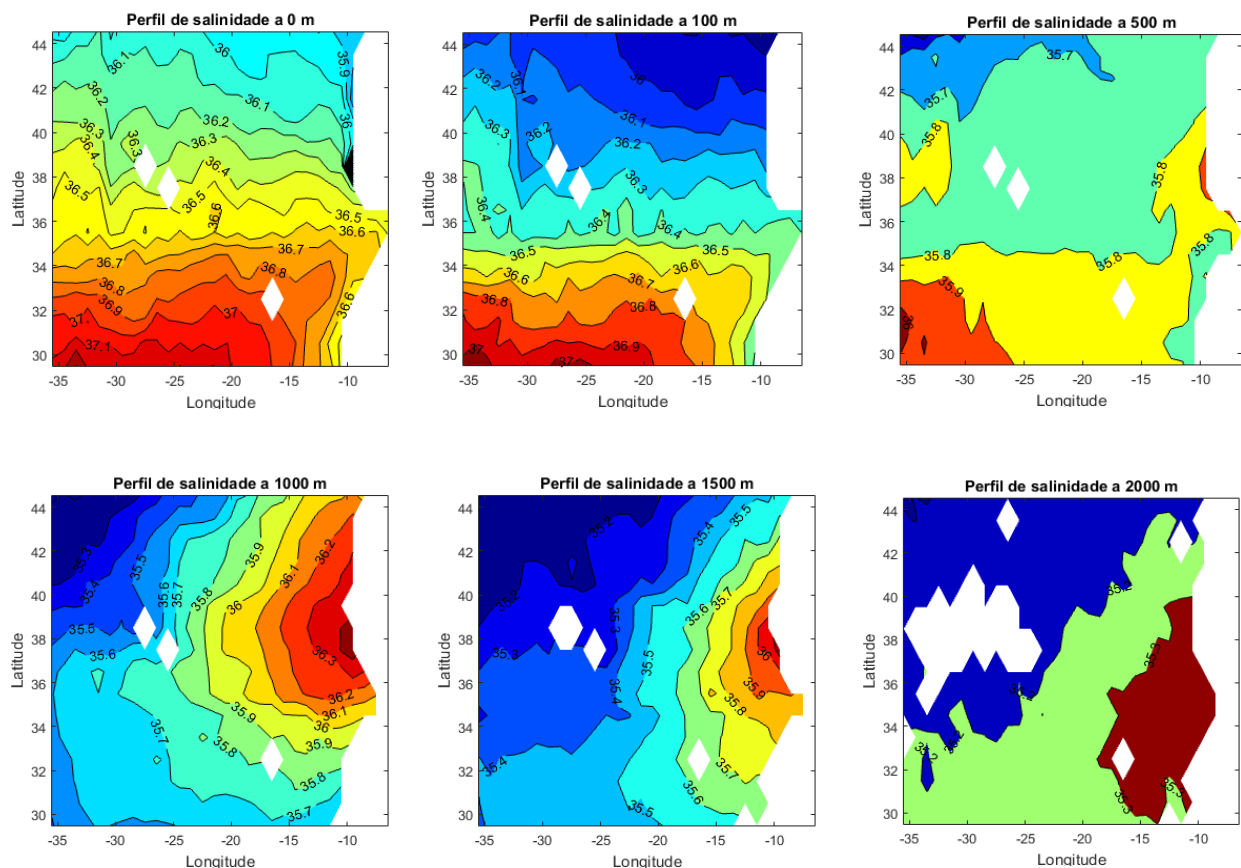


Figura 25 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, compreendidos na área de investigação. Distribuição de salinidades (g/kg) nas profundidades: 0, 100, 500, 1000, 1500 e 2000 m (sequência da esquerda para a direita e de cima para baixo).

Quanto ao gradiente E-W, na superfície, há ligeiros sinais do mesmo especialmente perto de costa, mostrando inferior salinidade aqui - o que pode ser justificado pela influência que os rios têm ao desaguar no oceano.

Nos 500 m de profundidade os gradientes de salinidade diminuem bastante, diminuindo também o grau de salinidade absoluta, variando entre 35,7 g/kg a norte e 36,0 g/kg a sudeste. Muito discretamente, a esta profundidade, existe presença de um nível de salinidade absoluta de 36,0 g/kg na situação geográfica do

Golfo de Cádiz/ sudeste da Península Ibérica, presumindo que podem ser indícios da MOW que se irá destacar nas camadas de imersão mais profundas.

À semelhança dos gráficos da distribuição da temperatura, também com a salinidade absoluta, podemos observar a influência da MOW, na camada dos 1000 m (parte superior da MOW) com 36,4 g/kg perto da costa, na camada dos 1500 m (parte inferior da MOW) com 36,1 g/kg perto da costa.

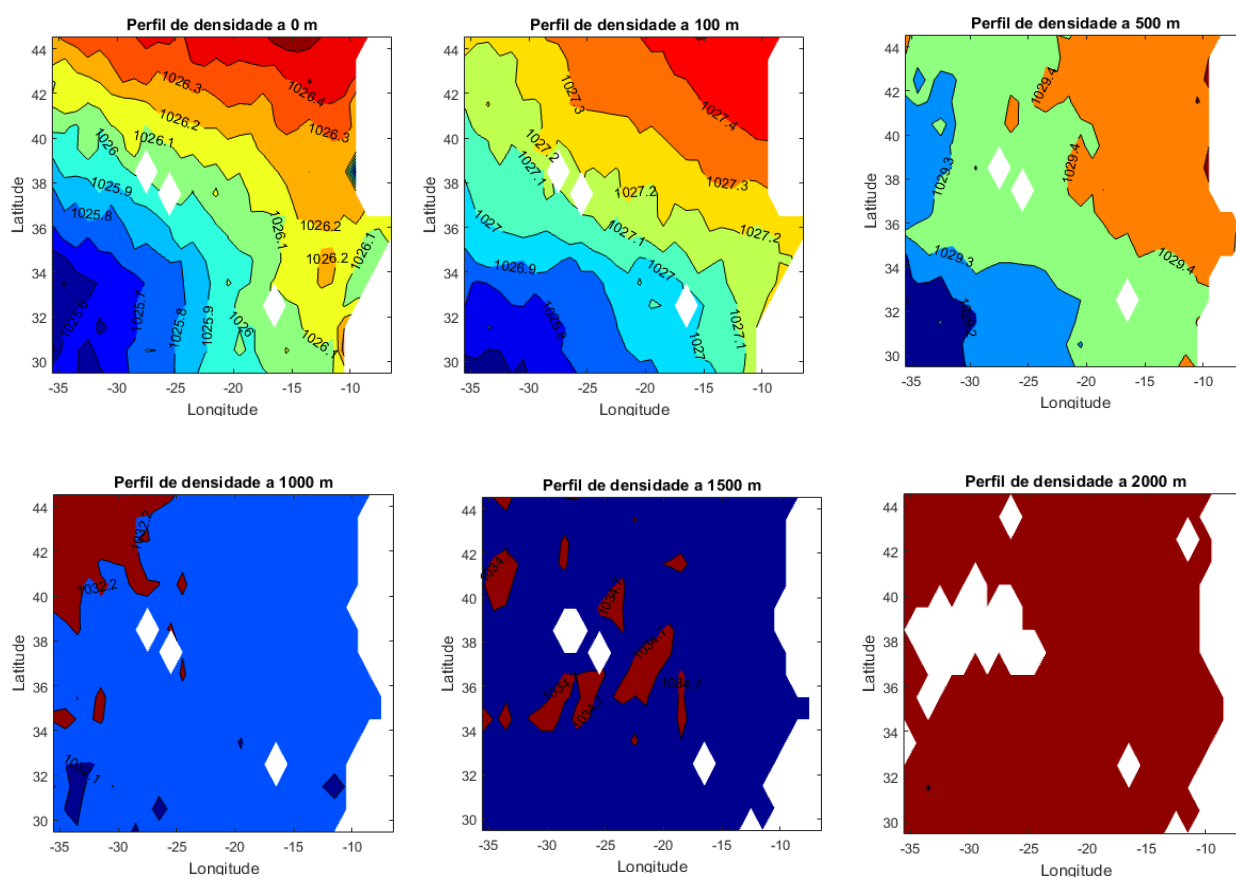


Figura 26 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, compreendidos na área de investigação. Distribuição de densidades (kg/m³) nas profundidades: 0, 100, 500, 1000, 1500 e 2000 m (sequência da esquerda para a direita e de cima para baixo).

No que diz respeito à distribuição da densidade - Figura 26 -, é de notar que, tal como foi referido anteriormente, esta é uma característica que não sofre muita variação de valores, no entanto, de modo a clarificar o modo como ela se comporta, foi aqui demonstrado graficamente. A principal variação encontra-se nas camadas

superficiais, sendo que à superfície os valores oscilam entre os 1026,3 kg/m³ a norte/nordeste e os 1025,6 kg/m³ a oeste/sudoeste, e aos 100 m de profundidade oscilam entre os 1027,4 kg/m³ a nordeste, e os 1026,8 kg/m³ a sul/sudoeste.

A partir dos 500 m de profundidade, até às camadas mais profundas a densidade tem tendência a ir aumentando, como representado na Figura 17.

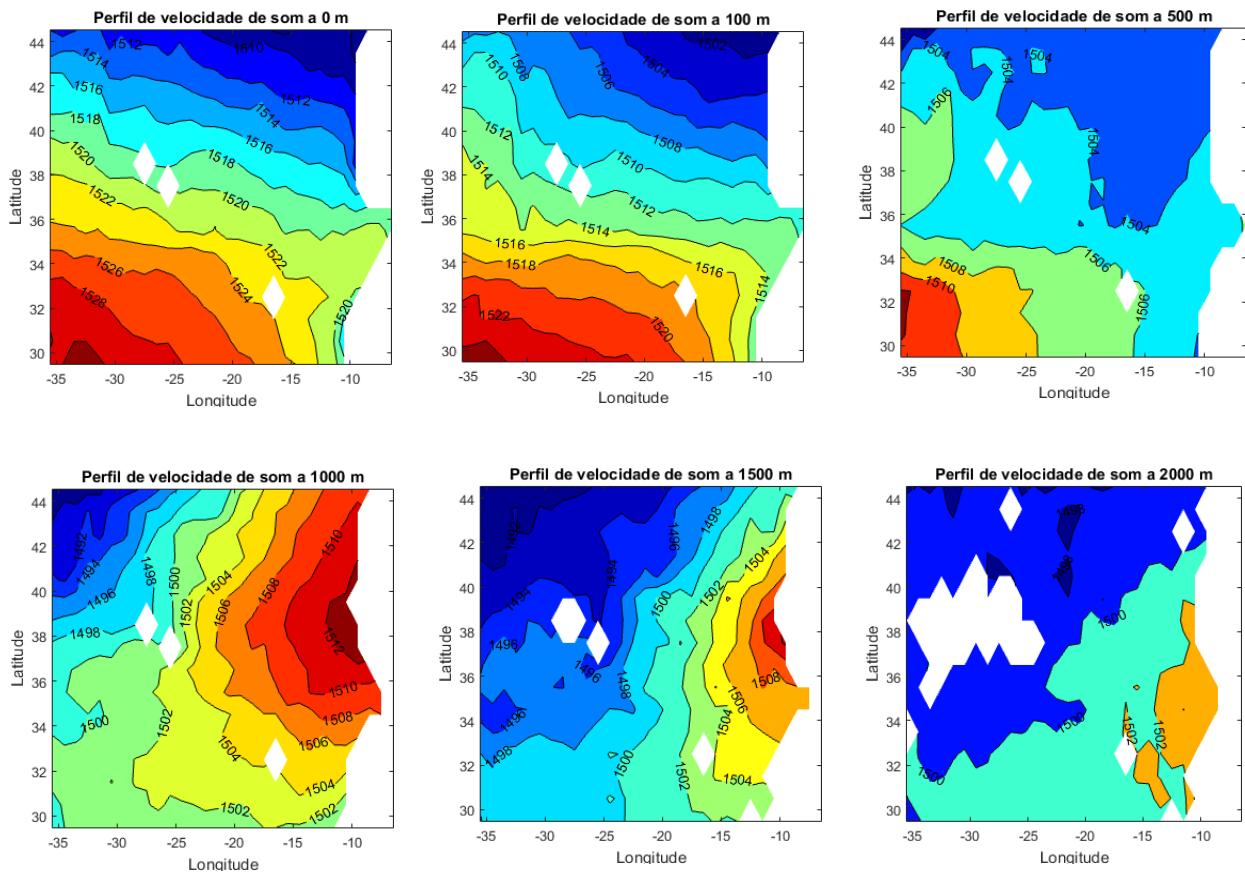


Figura 27 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, compreendidos na área de investigação. Distribuição da velocidade do som (m/s) nas profundidades: 0, 100, 500, 1000, 1500 e 2000 m (sequência da esquerda para a direita e de cima para baixo).

Nos gráficos referentes à velocidade do som - Figura 27 -, é de referir a sua semelhança com os gráficos da distribuição da temperatura e da salinidade, uma vez que esta característica é consequência das outras duas.

Tal como na temperatura e salinidade, na análise da velocidade do som podemos concluir que a principal variabilidade está presente nas camadas

superficiais ou oceano superior (até à base da termoclina permanente ou níveis onde deixa de haver influência da MOW), existindo elevado gradiente N-S e variação do gradiente E-W principalmente perto de costa, ocorrendo na superfície uma variação entre 1510 m/s a norte/nordeste e 1526 m/s a sul/sudoeste, e a 100 m de profundidade uma variação entre 1502 m/s a norte/nordeste e 1522 m/s a sul/sudoeste.

Aos 500 m de profundidade há uma diminuição de ambos os gradientes, existindo uma variação dos valores da velocidade do som entre 1504 m/s a norte e 1510 m/s a sudoeste. É na imersão dos 1000 m de profundidade que mais uma vez é visível a presença da MOW com 1512 m/s perto de costa, que se desvanece até 035°W a sul do Arquipélago dos Açores com o valor de 1500 m/s, e a norte do arquipélago até aos 027°W, com o valor de 1500 m/s. A 1500 m este sinal é mais fraco tendo valores de 1510 m/s no núcleo, e 1502 m/s até aos 020°W.

4.4. Análise por latitudes fixas

Com o género de gráficos utilizados anteriormente decidiu-se fazer uma análise de modo a estudar a variação das propriedades ao longo de várias latitudes. Nesta análise optou-se por não representar o gráfico da densidade uma vez que esta propriedade apenas tem características de estratificação, não sendo preceptivas variações horizontais significativas na escala dos gráficos.

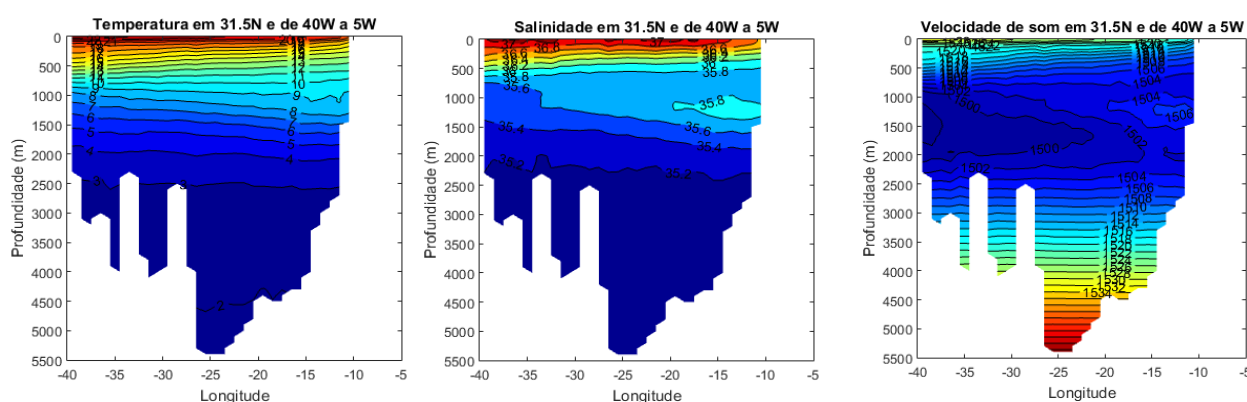


Figura 28 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na latitude 31,5°N.

Ao analisar a Figura 28, podemos interpretar primeiramente a tendência que as isotérmicas e isohalinas têm para afundar na direção E-W, desde a superfície até aos 500 m. Este fenómeno é consistente com a Corrente das Canárias e águas mais frias no lado costeiro. Também compreendida nesta coluna de imersão é de notar o aumento da velocidade do som na direção E-W, acompanhando o aumento da temperatura e salinidade para oeste.

Mais concretamente, analisando o gráfico da temperatura é possível encontrar evidências da presença da MOW a leste dos 020°W, entre os 700-1000 m. Já no gráfico da salinidade, é possível observar o núcleo salino da MOW a leste dos 020°W, estendendo-se até aos 035°W.

Quanto à velocidade do som é possível destacar os dois canais de som anteriormente mencionados na análise de gráficos diferentes. Para leste dos 022°W verifica-se o canal de som superior e inferior havendo entre eles um máximo relativo de velocidade de som de 1506 m/s em cerca de 1400 m de imersão. Para oeste dos 022°W existe um canal SOFAR centrado aproximadamente nos 1500 m.

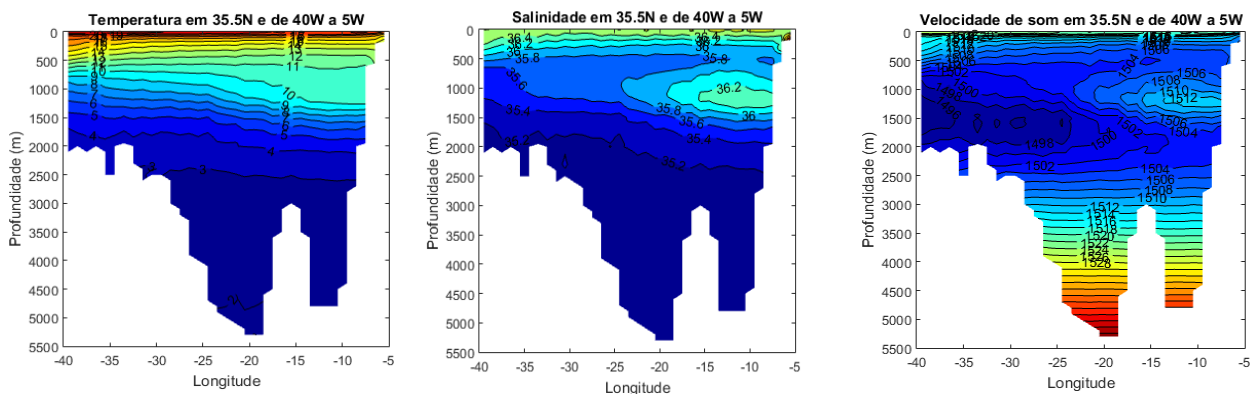


Figura 29 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na latitude 35,5°N.

Estudando o comportamento das propriedades mais a norte - Figura 29 -, podemos visualizar que as características ficam mais acentuadas. Nomeadamente no gráfico de assinatura térmica, comparativamente com os gráficos anteriormente

analisados, é possível observar maior extensão zonal e vertical de uma anomalia térmica que se encontra a leste dos 023°W.

Relativamente à variação da salinidade absoluta, é visível o realce e intensificação do núcleo salino a leste dos 025°W com máximo de 36,2 g/kg. No que respeita à velocidade do som, os dois canais do som mencionados na Figura 28 mantêm-se, no entanto intensificaram-se e alteraram a sua situação ao longo da profundidade. O canal de som superior encontra-se entre os 700 e os 1500 m, com máximo relativo de 1512 m/s a leste dos 020°W, e o canal de som inferior encontra-se entre os 1500 e 2000 m, com mínimo relativo de 1496 m/s a oeste dos 023°W.

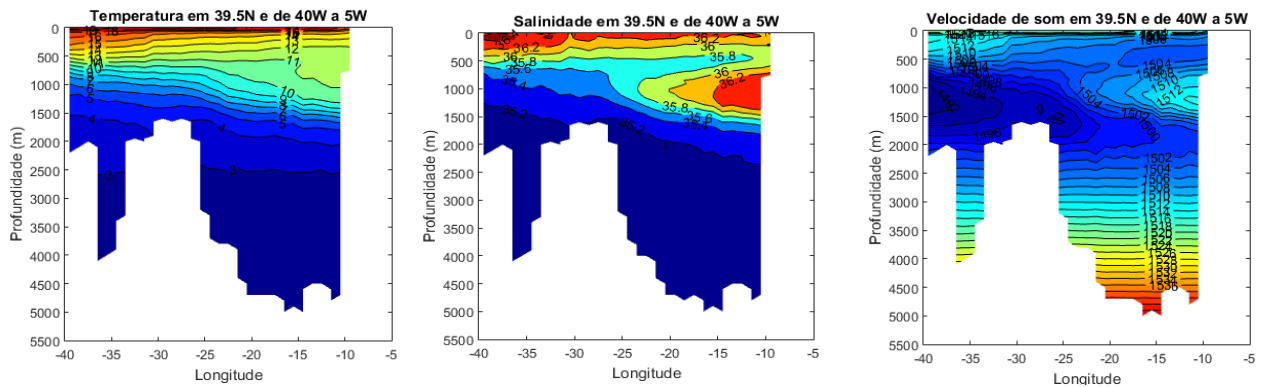


Figura 30 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na latitude 39,5°N.

Na análise da Figura 30, sendo uma latitude mais a norte (39,5°N) e com uma situação geográfica mais deslocada relativamente ao *outflow* da água mediterrânica, continua a ser relevante o estudo das propriedades e comportamento das massas de água aqui existentes.

Comparativamente aos gráficos da figura anterior, existe uma diminuição do sinal térmico a oeste dos 020°W - justificado pelo afastamento da MOW -, continuando a existir um forte sinal salino a leste dos 018°W, com 36,2 g/kg de salinidade absoluta, entre os 700 e 1300 m.

Também para leste dos 022°W existem canais de som inferior e superior, havendo entre eles um máximo relativo de salinidade de 1512 m/s. Para oeste dos 022°W existe o canal SOFAR com o seu sinal centrado nos 1500 m.

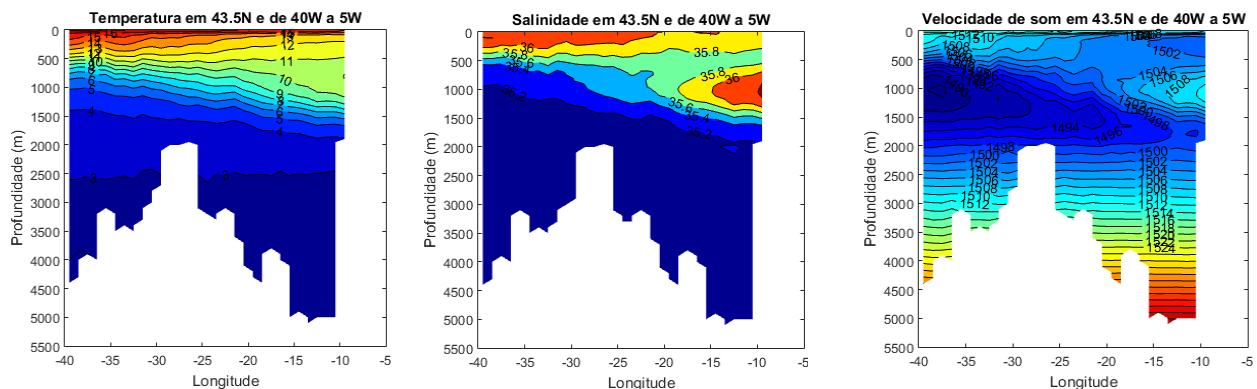


Figura 31 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na latitude 43,5°N.

Tal como na figura anterior, na Figura 31 dá-se um declínio das anomalias características das massas de água, no entanto mantém-se a importância de estudo a esta latitude.

Evidências térmicas e salinas da MOW permanecem a leste dos 018°W e 020°W respetivamente. Quanto à velocidade do som o máximo e mínimo relativos dos canais aproximam-se de costa, diminuindo ligeiramente a sua intensidade.

4.5. Análise por longitudes fixas

Tal como feito em 4.4. **Análise por latitudes fixas**, aqui decidiu-se também analisar a variação das propriedades, mas desta vez ao longo de longitudes constantes, variando apenas as latitudes. Desta forma pretende-se estudar o desenvolvimento das massas de água ao longo da área de investigação. Mais uma vez optou-se por não representar o gráfico da densidade, pois, como já mencionado, esta propriedade apenas tem características de estratificação, sendo pouco perceptíveis as variações horizontais.

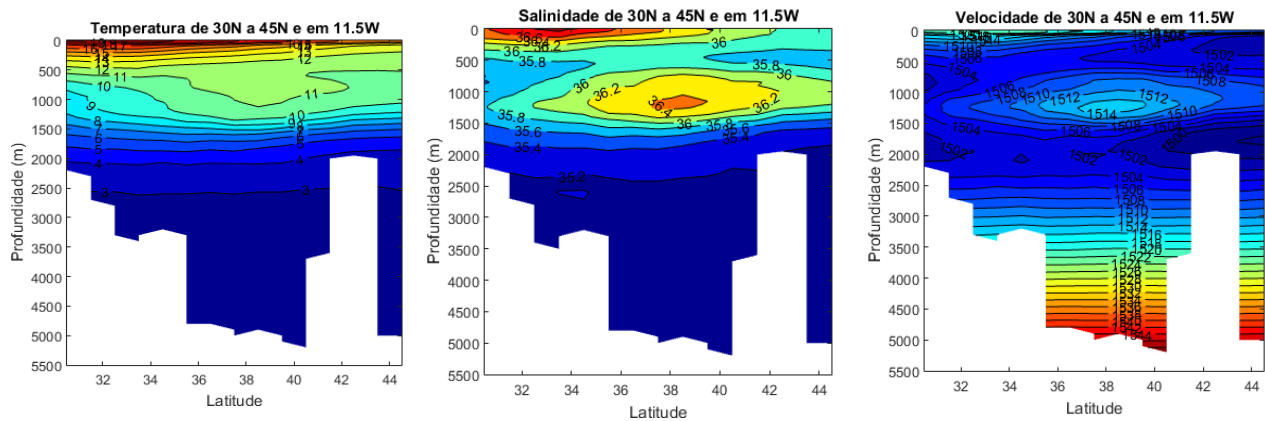


Figura 32 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na longitude 011,5°W.

Tendo em conta a Figura 32, em relação à temperatura, e começando a analisar os primeiros 500 m de profundidade é visível uma diminuição da térmica na direção S-N, mostrando que à medida que a latitude aumenta o declive das isotérmicas aumenta em direção à superfície. Entre os 500 e os 1500 m existe evidências da presença da MOW entre as latitudes 36-42°N. Quanto à salinidade entre a superfície e os 400 m de profundidade existe uma diminuição na direção S-N, e tal como na temperatura há uma tendência das isolinhas subirem em direção à superfície à medida que a latitude aumenta. Quanto à presença da MOW esta sua representação situa-se entre os 700 e os 1500 m entre as latitudes 35-42°N.

Quanto ao gráfico que representa o comportamento da velocidade do som, nos primeiros 200 m de imersão, e como consequência da temperatura e da salinidade, existe uma diminuição da mesma na direção S-N. Entre os 700 e os 1500 m, compreendido entre 35-42°N estamos na presença de um máximo relativo de 1514 m/s.

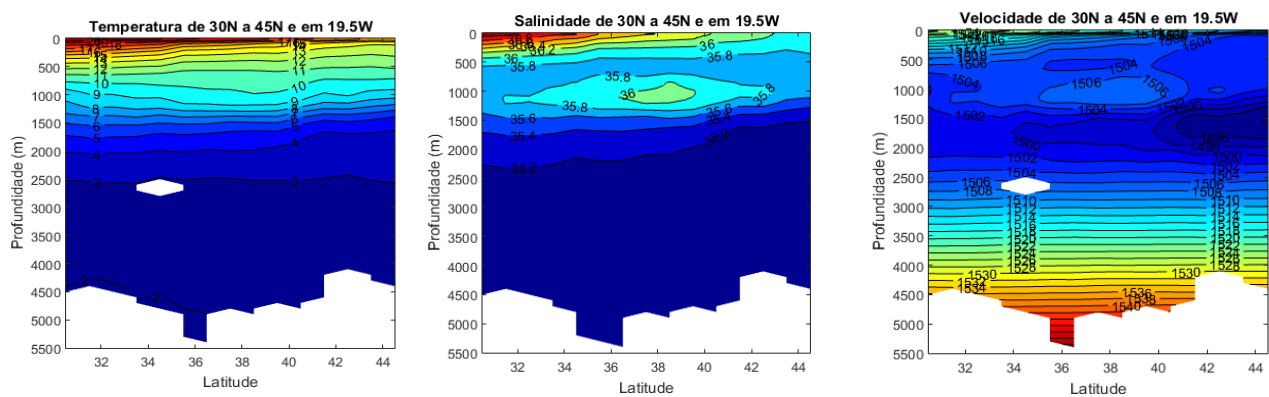


Figura 33 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na longitude 019,5°W.

Na Figura 33, os gráficos mostram uma representação dos dados semelhantes aos encontrados na longitude 011,5°W, no entanto menos intensificados uma vez que há um afastamento da localização onde são característicos os principais fenómenos.

Relativo à temperatura e à salinidade, entre a superfície e os 300 m de profundidade dá-se uma diminuição de valores, na direção S-N. Entre os 700 e os 1300 m existem no gráfico da temperatura evidências da presença da MOW entre as latitudes 36-40°N, sendo que no gráfico da salinidade este sinal encontra-se entre as latitudes 33-42°N, com um maior espalhamento horizontal relativamente à longitude de 011,5°W.

No gráfico da velocidade do som, entre a superfície e os 200 m de profundidade, existe uma diminuição de sinal na direção S-N, mais uma vez como consequência da diminuição da temperatura e da salinidade nas mesmas profundidades. Neste gráfico o máximo relativo mantém-se entre os 700 e os 1500 m com o valor de 1506 m/s, diminuindo o seu espalhamento horizontal e encontrando-se apenas entre as latitudes 35-40°N. Entre os 1400 e os 1900 m, entre 41-45°N encontra-se um mínimo relativo de 1496 m/s.

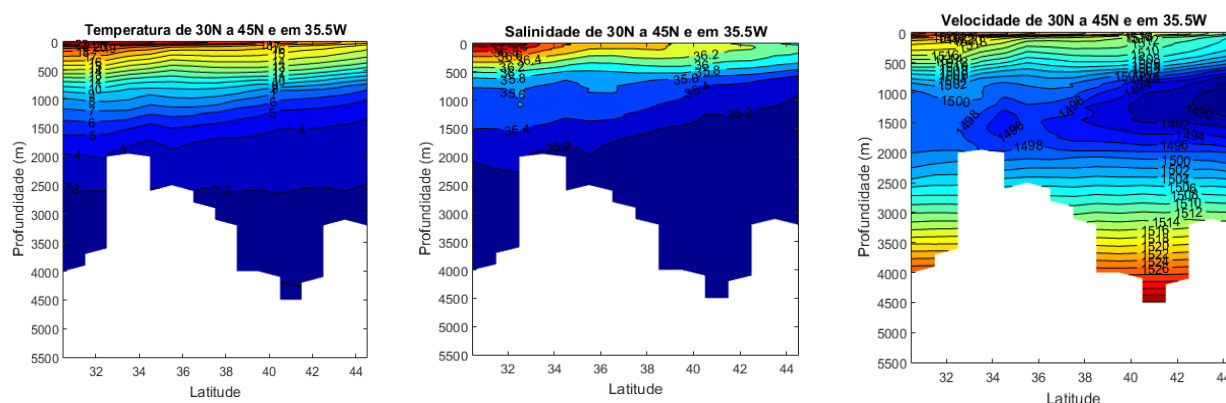


Figura 34 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da temperatura, salinidade e velocidade do som (da esquerda para a direita), na longitude 035,5°W.

Relativamente aos dados na longitude 035,5°W - Figura 34 - é possível observar já menos influência do sinal da MOW. Igualmente nos gráficos de temperatura e de salinidade é possível analisar uma diminuição de valores à medida que a latitude aumenta, sendo mais notório nos primeiros metros de profundidade. Quanto à velocidade do som, como consequência os seus valores também diminuem ao longo do aumento da latitude, notando-se a existência de dois mínimos relativos: o primeiro de 1496 m/s entre 1300 e 1800 m e entre as latitudes 34-36°N, e o segundo de 1490 m/s entre 800 e 1500 m e entre as latitudes 43°-45°N.

4.6. Análise geostrófica

Uma vez já estudado o comportamento das diferentes características que constituem as massas de água, fica a faltar sabermos como se desenvolvem as correntes que predominam na área de investigação escolhida para esta dissertação. Para tal análise foram desenvolvidos gráficos que descrevem o mais aproximadamente possível, o comportamento das correntes geostróficas, quer na componente N/S quer na componente E/W. Nesta parte do estudo foi previamente estabelecido na camada dos 1500 m de profundidade uma zona sem movimento, e sem atritos. A baixa resolução espacial dos dados de base (1 grau) não permite captar as velocidades geostróficas típicas das correntes marítimas de mesoescala.

Os valores calculados com estes dados são quantitativamente mais baixos, mas permitem inferir, pelo menos do ponto de vista qualitativo, a tendência dos movimentos médios climáticos das circulações de escala grande.

Este estudo foi dividido em seções verticais e horizontais de modo a ser possível a interpretação dos resultados de várias perspetivas.

4.6.1. Secções verticais

Quanto ao grafismo dos dados geostróficos em seções verticais, este permite a análise do comportamento das correntes ao longo da profundidade (desde a superfície até aos 1500 m – nível profundo assumido sem movimento), latitude (ou longitude) variável, e longitude (ou latitude) fixa.

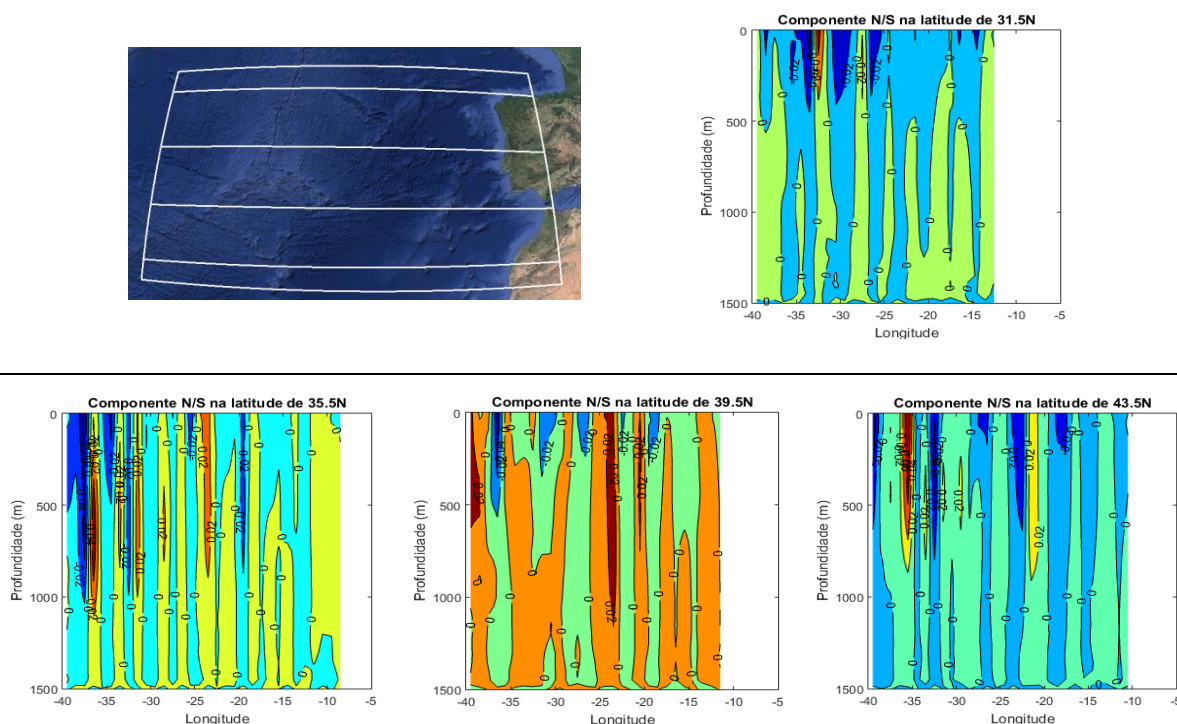


Figura 35 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente N/S ao longo das longitudes, nas latitudes fixas 31,5°N, 35,5°N, 39,5°N e 43,5°N (esquerda para a direita, e de cima para baixo).

Quanto à análise dos gráficos representados na Figura 35, é notório a dificuldade em destacar a presença de alguma estrutura de corrente na

componente N/S. No entanto analisando individualmente é possível constatar alguns factos: na latitude $31,5^{\circ}\text{N}$ prevalecem valores negativos, ou seja corrente para sul até aos 500 m, entre os 015°W e os 035°W , sendo estes dados consistentes com a existência da Corrente das Canárias, existindo junto ao talude continental escoamento para norte, consistente com a Corrente da Vertente. Na latitude dos $39,5^{\circ}\text{N}$ a alternância de correntes com direção sul e norte continua, existindo no entanto dois picos de velocidade da corrente com direção norte, entre as longitudes 020°W e 025°W .

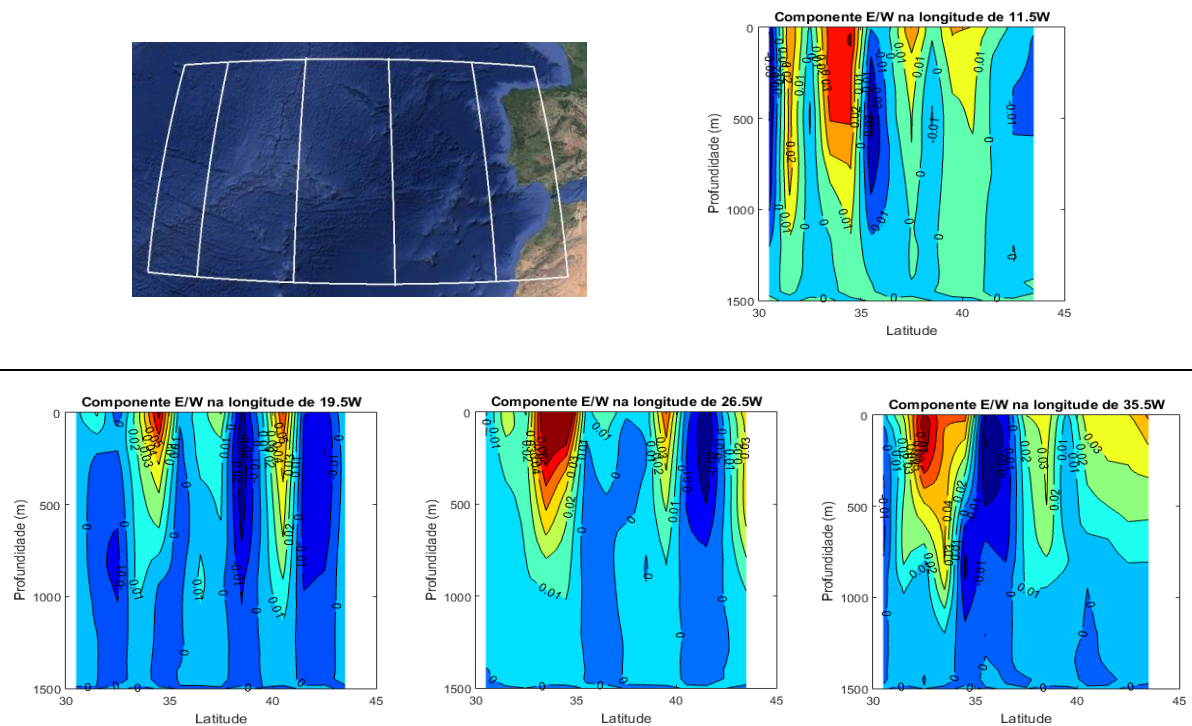


Figura 36 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente E/W ao longo das latitudes, nas longitudes fixas $011,5^{\circ}\text{W}$, $019,5^{\circ}\text{W}$, $026,5^{\circ}\text{W}$ e $035,5^{\circ}\text{W}$ (esquerda para a direita, e de cima para baixo).

Analisando os gráficos da Figura 36 na componente E/W, estes, ao contrário dos anteriores, representam muito melhor e distintivamente as estruturas das correntes zonais e respetivos comportamentos. Na longitude de $011,5^{\circ}\text{W}$ estão representadas perfeitamente a Corrente e Contra Corrente dos Açores, podendo observar dos $33-36^{\circ}\text{N}$ (CA) um pico de intensidade de corrente com direção leste,

com valores que atingem os 0,04 m/s até aos 500 m, desvanecendo-se o seu sinal até aos valores de 0,01 m/s até aos 1100 m de profundidade, e dos 37-38°N (CCA) outro pico de velocidade na direção oeste com valores que atingem os 0,01 m/s aos 600 m.

Na longitude dos 019,5°W existem três correntes que se destacam: com direção leste, entre as latitudes 33°N e 35°N, com intensidade a variar entre os 0,06 e os 0,02 m/s desde a superfície até aos 700 m, consistente com a CA, também com direção leste entre as latitudes 39°N e 41°N com intensidade a variar entre 0,05 m/s e 0,01 m/s desde a superfície até aos 1000 m de profundidade, consistente com ramo da Corrente do Atlântico Norte, e por fim com direção oeste, entre as latitudes 37°N e 39°N, com intensidade a variar entre 0,02 e 0,01 m/s entre a superfície e os 700 m, consistente com a CCA.

Na longitude dos 026,5°W, já são mais fortes os sinais das correntes presentes na longitude analisada anteriormente, sendo que a corrente com direção leste (CA) entre os 33-36°N atinge os 0,04 m/s até aos 300 m, desvanecendo-se ao longo da coluna de água até ao valor de 0,01 m/s nos 1000 m de profundidade. Com a mesma direção, o ramo da Corrente do Atlântico Norte perde aqui alguma força tendo o seu máximo de apenas 0,03 m/s até aos 100 m de profundidade. Na longitude de 026,5°W não é consistente a CCA.

Por fim, relativamente ao último gráfico, na longitude dos 035,5°W é visível uma corrente com direção leste entre as latitudes 32°N e 35°N, com valores que atingem os 0,07 m/s até aos 100 m de profundidade e se desvanecem até aos 0,01 m/s de intensidade nos 1200 m, consistente com a CA, e uma corrente com direção oeste entre as latitudes 37°N e 38°N, com valores que atingem os 0,02 m/s até aos 500 m de profundidade e que depois de desvanecem até aos valores 0,01 m/s nos 1200 m de profundidade, consistente com a CCA.

4.6.2. Secções horizontais

À semelhança do tipo de estudo realizado em **4.6.1. Secções verticais**, aqui o objetivo é analisarmos em camadas horizontais distintas, o comportamento das correntes na área de investigação em estudo.

Analisando a Figura 37, e tal como constatado anteriormente na Figura 35, as correntes na componente N/S são fracas e tanto na superfície como ao longo da profundidade não existe concordância quanto à sua direção.

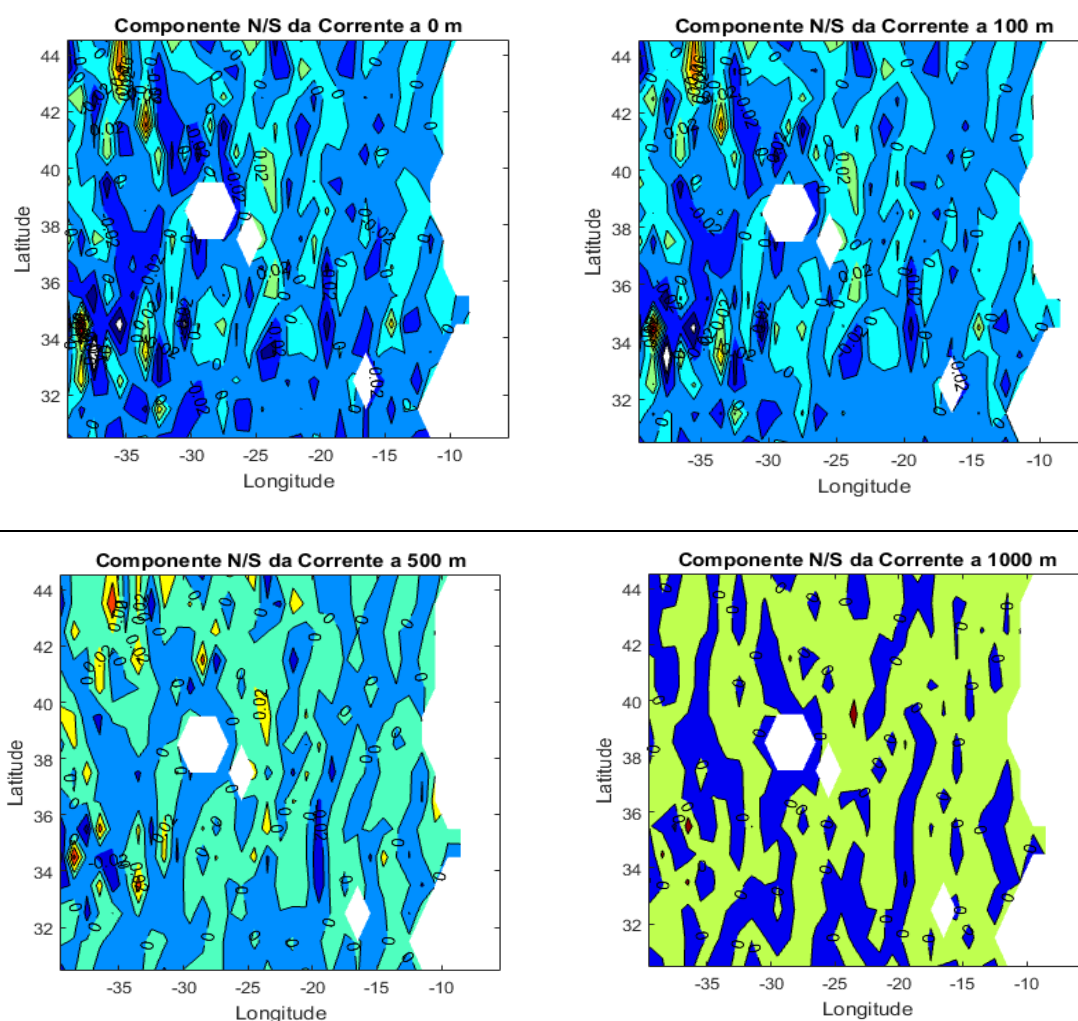


Figura 37 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente N/S ao longo da área da investigação, nas diferentes camadas de imersão: superfície, 100 m, 500 m e 1000 m de profundidade (esquerda para a direita, e de cima para baixo).

Quanto à componente E/W - Figura 38 -, aqui já é claramente perceptível quais as estruturas das correntes e direções predominantes nesta área de investigação. Começando pelo grafismo que representa a camada superficial: entre as latitudes 32-35°N com direção leste e com valores que chegam a atingir os 0,1

m/s nas longitudes 032-035°W sendo o seu sinal desvanecido com a aproximação à zona costeira, encontra-se o que parece ser a Corrente dos Açores.

À medida que nos deslocamos para profundidades maiores (100 m) podemos constatar uma diminuição do sinal da CA para valores de 0,08 m/s entre os 028-035°W. É aqui na imersão dos 100 m que já se pode notar a presença de uma corrente contrária à CA, a norte desta e com direção oeste, a CCA.

Na camada dos 500 m, é pequeno o sinal de presença da CA, no entanto já está bastante bem delineado o contorno da CCA compreendido entre as latitudes 35-37°N. A CCA parece não ser nítida na superfície e ser acentuada em subsuperfície.

Quanto à camada dos 1000 m de profundidade, nas Figura 37 e Figura 38, foram aqui representadas a título de exemplo do que acontece em camadas profundas.

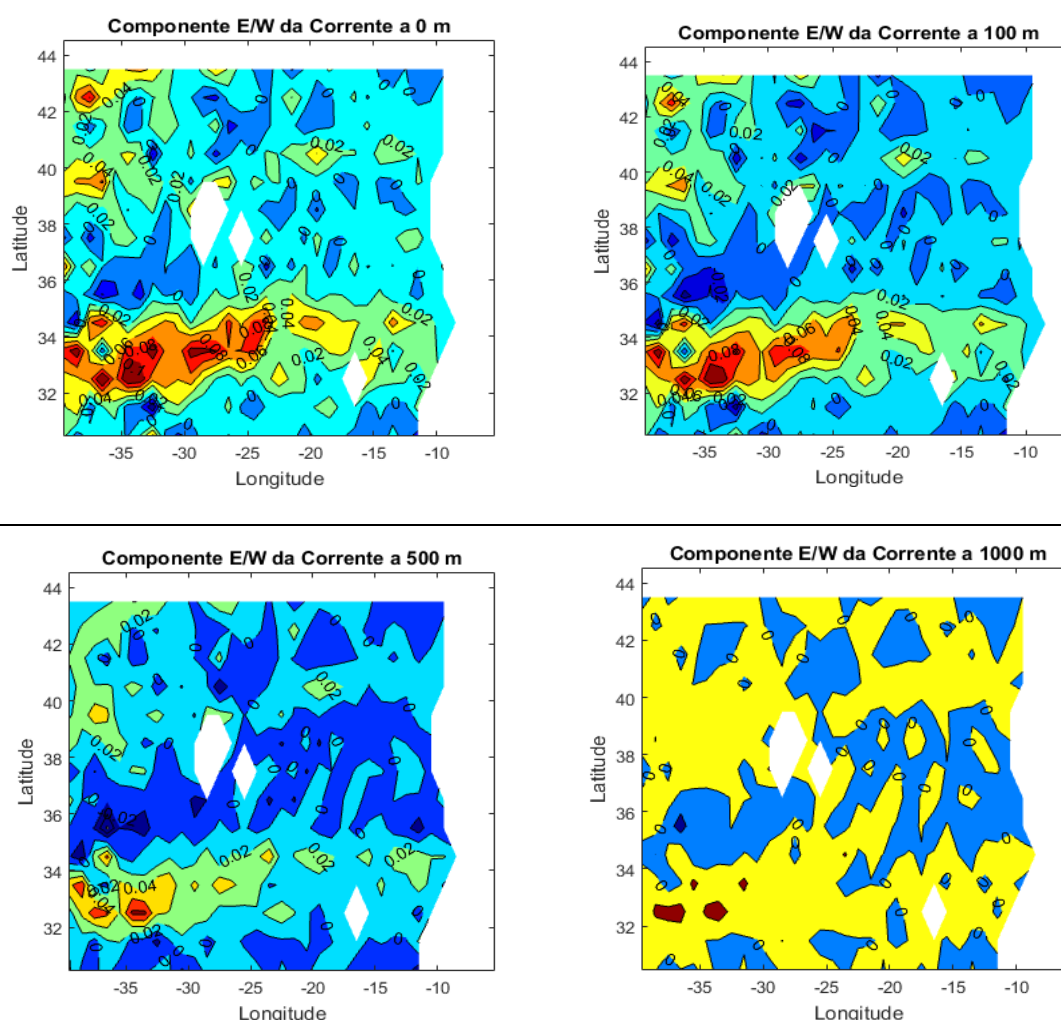


Figura 38 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente E/W ao longo da área da investigação, nas diferentes camadas de imersão: superfície, 100 m, 500 m e 1000 m de profundidade (esquerda para a direita, e de cima para baixo).

A nível de curiosidade e também com o intuito de ter uma noção mais ampla do que acontece no Oceano Atlântico, foram testados estes gráficos mas numa área maior, que atingisse tanto a costa leste, Europa, como a costa ocidental do Oceano Atlântico, Estados Unidos da América - Figura 39.

Ao serem representadas as correntes existentes no Oceano Atlântico, em ambas as componentes, é-nos possível ter comparação com a intensidade das mesmas na nossa área de investigação.

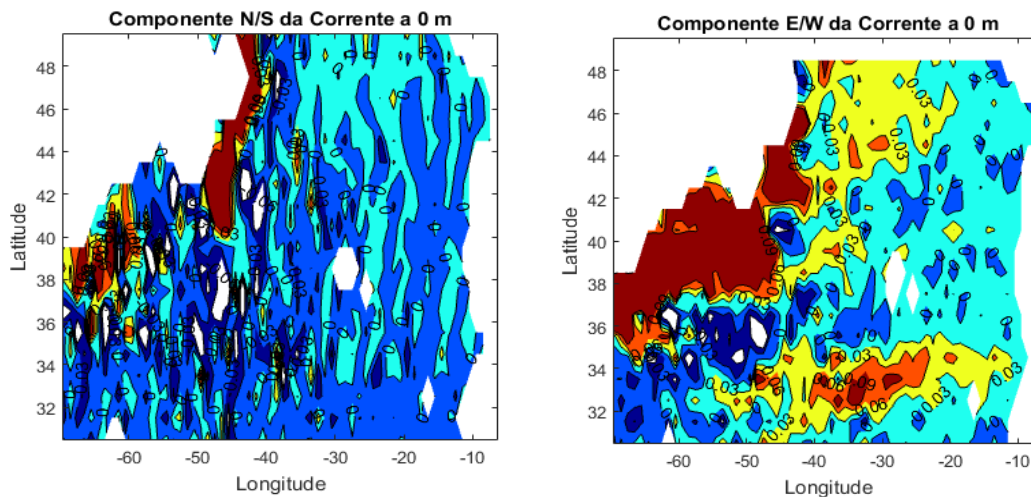


Figura 39 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente N/S e E/W (esquerda e direita respetivamente), na área compreendida por 30-50°N e 005-070°W, à superfície.

Quanto à componente N/S, existe uma grande diferença entre ambas as costas do Oceano Atlântico, sendo visíveis correntes com direção norte perto de costa ocidental que ultrapassam os 0,06 m/s, e alguns sinais de corrente contrária mais para o interior do oceano. Na componente E/W começando por confirmar mais uma vez a existência da CA que se estende até aos 055°W com valores que atingem os 0,1 m/s com direção leste, e mencionando também a grande representação de corrente, que está em concordância com a Corrente do Golfo, sempre junto à costa ocidental e que tem valores que atingem os 0,1 m/s sempre com direção leste, seguindo-se a Corrente da Deriva do Atlântico Norte em direção ao Atlântico Nordeste e Mar da Noruega. É nítido o contraste da energia das correntes marítimas nos dois lados ou fronteiras do oceano, bem mais intensas na fronteira oeste (lado dos EUA) do que na fronteira leste (lado de Portugal).

Página deixada
propositadamente em branco

Conclusão e Recomendações

O presente trabalho de investigação teve, como objetivo desde o início, contribuir de uma perspetiva diferente para o estudo de oceanografia física e dinâmica do espaço marítimo português. Neste contexto, ao aplicarmos dados, ainda não trabalhados, em formatos digitais, foi-nos permitido ter uma noção visual, situacional e comportamental dos principais fenómenos que caracterizam esta área de investigação. Reavivando, deste modo, as questões centrais e derivadas que nos levaram a cabo este estudo, podemos agora, em prol destas, responder e concluir da melhor maneira este estudo:

QD1. Qual a dinâmica oceânica costeira característica ao largo de Portugal Continental?

Sendo uma zona costeira a sua caracterização oceanográfica está dependente das influências não só topográficas, como também das afluências dos rios e dos fenómenos sazonais de *upwelling* e *downwelling*. Teoricamente é sabido que o sistema de correntes de Portugal é essencialmente influenciado pela zona do giro subtropical que é compreendido pela Corrente e Contra Corrente de Portugal. Analisando os resultados desta investigação foi-nos difícil detetar a presença destas correntes, no entanto conseguimos detetar à superfície uma diminuição do declive das isolinhas térmicas costeiras existindo variações entre 18°C, a sul, e 15,5°C, a norte, e também uma variação nas isohalinas com valores semelhantes ao longo de toda a costa de 36,0 g/kg. Estas evidências são consistentes com a água dos rios que desaguam na nossa costa que têm um grau de salinidade inferior ao do oceano, e com os fenómenos de *upwelling* que elevam à superfície águas mais frias.

QD2. Qual a influência da água mediterrânica e dos meddies no Atlântico Norte?

A saída do fluxo de água mediterrânica, e a forma como ela se dissipa pelo Oceano Atlântico acaba por influenciar vários tipos de massas de água, estando presente em várias correntes e fenómenos costeiros e oceânicos. Devido às suas características bastante salinas e com elevado grau de temperatura é relativamente fácil detetar a sua progressão após a sua passagem pelo Estreito de

Gibraltar, e desta maneira a análise que foi realizada nesta investigação permitiu-nos isso mesmo.

Os sinais de presença de MOW encontram-se essencialmente a partir da latitude do Estreito de Gibraltar, com direção a norte e a oeste, sendo que os sinais de presença para sul, na latitude de 31,5°N, são praticamente inexistentes ou pouco perceptíveis. Zonalmente a MOW expande-se entre 011,5°W e 026,6°W na latitude de 35,5°N, onde o seu grau de salinidade varia de 36,4 g/kg a 35,7 g/kg entre os 1000 e os 1200 m de profundidade. Meridionalmente a MOW estende-se até 43,5°N mostrando sempre presença da costa até 019,5°W, com valores que variam entre 36,4 g/kg e 36,0 g/kg entre os 800 e os 1200 m de profundidade.

QD3. Como pode ser explicado o sistema das correntes e contracorrentes zonais dos Açores?

O sistema de correntes dos Açores tem como origem a Corrente do Golfo, que acaba por bifurcar e formar a CA. Teoricamente está demonstrado que isto acontece, no entanto com a tentativa de perceber as correntes que atravessam o Atlântico na componente E/W foi-nos difícil notar alguma ligação e daí que nos ajuda a concluir que a corrente de passagem terá pouca intensidade. Apesar disto é bastante esclarecedor a intensidade e direção da CA à superfície, a partir da longitude de 055°W entre a latitude 31°N e 35° N, com direção leste. Esta corrente, com mais grau de intensidade entre as longitudes 025°W e 040°W, com valores que atingem os 0,1 m/s, propaga-se, ainda que com pouca força, até à zona de outflow da água mediterrânica. Nesta região, dá-se uma formação de fluxos zonais que acabam por dar origem à CCA, sendo esta principalmente mais presente nos 500 m de profundidade, entre os 35°N e 38°N, com intensidade que chega a 0,02 m/s à longitude de 035°W. A explicação mais consistente para a existência da CA e da CCA crê-se ser o mecanismo da pluma beta, com argumento de fonte de vorticidade potencial induzida pela MOW ao descer ao longo do talude continental no Golfo de Cádiz.

QC. Como podem ser caracterizadas as massas de água que têm influência no espaço marítimo nacional?

Chegando desta forma à questão central, e com o auxílio das questões derivadas, podemos afirmar que o espaço marítimo nacional é caracterizado por vários tipos de massa com diversas origens, fenómenos locais e zonais e por correntes muito próprias. Contudo de todas estas manifestações, há algumas que são particularmente interessantes e importantes de realçar: primeiramente é de referir a MOW que devido à transformação que sofre no Mar Mediterrâneo, fica com características únicas que propaga ao longo da costa portuguesa e também se desenvolve em níveis intermédios na bacia Atlântica, e por último a Corrente e Contracorrente dos Açores que se distinguem por ser as estruturas de correntes mais consistentes e bem definidas no espaço marítimo nacional.

Uma vez que esta investigação deu origem a grafismos tão esclarecedores, existem alguns desafios que poderão vir a ser uma chamada para outros projetos, nomeadamente: dar continuidade a este tipo de estudo gráfico mas para representar os fenómenos sazonais da costa portuguesa, ou então até mesmo abranger este tipo de estudo a outras áreas do planeta que são relevantes a nível de fenómenos oceanográficos, começando por exemplo pela costa ocidental do Oceano Atlântico, pela sua grande intensidade da Corrente do Golfo, como também a zona do Oceano Pacífico onde se pode ter uma abordagem sazonal, devido às monções. Por fim, aplicar este tipo de estudo em investigações de acústica submarina seria outra das empregabilidades, uma vez que se poderia testar os canais de som e condições de propagação de cada área geográfica consoante as características das massas de água.

Página deixada
propositadamente em branco

Referências bibliográficas

- AGUIAR, A. C. Barbora *et al.* (2011), "Zonal struture of the mean flow and eddies in the Azores Current System", *Journal of Geophysical Research*, vol. 116, Azores, pp. 53 a 67.
- BASHMACHNIKOV, I. *et al.* (2015), "Distribution of intermediate water masses in the subtropical northeast Atlantic", *Ocean Science*, Germany, pp. 803-827.
- BOWER, Amy S, AMBAR, Isabel, SERRA, Nuno (2002), "Struture of the Mediterranean Undercurrent and Mediterranean Water spreading around the southwestern Iberian Peninsula", *Journal of Geophysical Research*, vol. 107, Massachusetts, pp. 3 a 19.
- BOYER, T.P., *et al.* (2013), *World Ocean Database 2013*, Sydney Levitus, Ed. Alexey Mishonov, Technical Ed. NOAA Atlas NESDIS 72.
- BOZEC, Alexandra *et al.* (2011), "On the variability of the Mediterranean Outflow Water in the North Atlantic form 1948 to 2006", *Journal of Geophysical Reseach*, vol. 116, Florida, pp. 1 a 18.
- CABO, Mário Nuno Fernandes (2015), *Corrente dos Açores e a sua influência no golfo de Cádiz*, Dissertação para obtenção do grau de Mestre, ESCOLA NAVAL, Almada.
- COMAS-RODRÍGUEZ, I., *et al.* (2011), "The Azores Currente System from a meridional section at 24.5°W", *Journal of Geophysical Research*, vol. 116, pp.1 a 9.
- DIAS, Emanuel da Costa (2015), *A circulação oceânica costeira de Portugal*, Dissertação para obtenção do grau de Mestre, ESCOLA NAVAL, Almada.
- EMERY, W J (2003), *Ocean Circulation, Water types and Water masses*, UNIVERSITY OF COLORADO, Elsevier Science.
- FOFONOFF, N. P., MILLARD Jr., R. C. (1983), "Algorithms for computation of fundamental properties of seawater", *Unesco technical papers in marine science*, vol. 44, França, pp. 15 a 19 e pp. 46 a 48.
- GARCÍA-LAFUENTE, Jesús, *et al.* (2011), "The very first transformation of the Mediterranean Outflow in the Strait of Gibraltar", *Journal of Geophysical Research*, vol. 116, pp. 1 a 7.
- GILL, Adrian E. (1982), *Atmosphere- Ocean Dynamics*, International Geophysics Series, vol. 30, London, Academic Press.
- JULIANO, Manuela F., ALVES, Mário L. G. R. (2007), "The Atlantic Subtropical Front/Current Systems of Azores and St. Helena", *Journal of Physical Oceanography*, vol. 37, Boston, pp. 2573 a 2598.
- LAMAS, Luísa Andrade e Sousa (2009), *Estimativas de transporte na parte Oriental da Corrente dos Açores*, Mestrado em Ciências Geofísicas, UNIVERSIDADE DE LISBOA FACULDADE DE CIÊNCIAS, Lisboa.

- LOCARNINI, *et al.* (2013), *World Ocean Atlas 2013, Volume 1: Temperature*, S. Levitus, Ed. A. Mishonov, Technical Ed. NOAA Atlas NESDIS 73.
- LOPES DA COSTA, C. (2015), *Questões de dinâmica oceânica*, Sebenta de apoio ao ensino de Oceanografia, ESCOLA NAVAL, Almada, 2015.
- LOPES DA COSTA, C. (2016), “Mecanismo da pluma β e a sua aplicação o sistema da Corrente e Contracorrente dos Açores”, *Actas das 4^{as} Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, 21 a 23 de Junho de 2016, Instituto Hidrográfico, Almada, ESCOLA NAVAL, 2016, pp. 133 a 136.
- KIDA, Shinichiro, PRICE, James F., YANG, Jiayan (2007), “The Upper-Oceanic Response to Overflows: A Mechanism for the Azores Current”, *Journal of Physical Oceanography*, vol. 38, Massachusetts, pp. 880 a 894.
- KUHLBRODT, T., *et al.* (2004), “On the driving processes of the Atlantic Meridional overturning circulation”, *Reviews of Geophysics*, Massachusetts, pp. 1 a 32.
- MARSHALL, John, PLUMB, R. Alan (2008), *Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics, An Introductory Text*, Cambridge, Elsevier.
- OLIVEIRA, Paulo B., *et al.* (2008), “Surface temperature, chlorophyll and advection patterns during a summer upwelling event off central Portugal”, *Continental Shelf Research*, Elsevier, pp. 759 a 773.
- OZGOKMEN, Tamay M., CHASSIGNET, Eric P., Rooth, Claes G. H. (2000), “On the connection between the Mediterranean outflow and the Azores Current”, *Journal of Physical Oceanography*, vol. 31, Boston, pp. 461 a 480.
- PELIZ, Alvaro, *et al.* (2007), “Surface circulation in the Gulf of Cadiz: Model and mean flow structure”, *Journal of Geophysical Research*, vol. 112, pp. 1 a 9.
- PRICE, James F., YANG, Jianyan (2007), “The Upper-Oceanic Response to Overflows: A mechanism for the Azores Current”, *Journal of Physical Oceanography*, vol. 38, Boston, pp. 880 a 895.
- SCHMITZ, William J., MCCARTNEY, Michael S. (1993), “On the north Atlantic Circulation”, *Reviews of Geophysics*, Massachusetts, pp. 29 a 49.
- SIEDLER, Gerold, CHURCH, John, GOULD, John (2001), *Ocean Circulation & Climate, Observing and Modelling the Global Ocean*, London, Academic Press.
- SPARROW, Michael *et al.* (2001), “Two Circulation Regimes of the Mediterranean Outflow Revealed by Lagrangian Measurements”, *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 32, Boston, pp. 1322 a 1330.
- STEELE, John H., THORPE, Steve A., TUREKIAN, Karl K. (2009), *Elements of physical Oceanography*, second edition, Oxford, Elsevier.
- STEPHENS, James C., MARSHALL, David P., “Dynamics of the Mediterranean Salinity Tongue”, *Journal of Physical Oceanography*, vol. 29.
- TELES-MACHADO, Ana, *et al.* (1998), “On the onset of the Gulf of Cadiz Coastal Countercurrent”, *Geophysical Research Letters*, vol. 34, Spain, 2007, pp. 1 a 5. United Kingdom, pp. 1425 a 1438.

- VALLIS, Geoffrey K. (2006), *Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics, Fundamentals and Large-Scale Circulation*, New Jersey, Cambridge University Press.
- VOLKOV, Denis L. (2010), "On the reasons for the formation and variability of the Azores Current", *Journal of Physical Oceanography*, vol. 40, Boston, pp. 2197 a 2220.
- YAN, Xiao-Hai *et al.* (2006), "A New Study of the Mediterranean Outflow, Air-Sea Interactions, and Meddies Using Multisensor Data", *Journal of Physical Oceanography*, vol. 36, Boston, pp. 691 a 709.
- ZWENG, M. M, *et al.* (2013), *World Ocean Atlas 2013, Volume 2: Salinity*. S. Levitus, Ed. A. Mishonov, Technical Ed. NOAA Atlas NESDIS 74.

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndices

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice A – Resumo alargado da investigação

1. Introdução

A área geográfica do espaço marítimo português, do ponto de vista oceanográfico, pode ser caracterizada pela sua dinâmica de correntes, massas de água diversas e consequentes fenómenos hidrológicos como vórtices de mesoscala. As correntes marítimas de circulação geral desta zona estão associadas à parte nordeste do giro subtropical, englobando correntes como a Corrente da Deriva do Atlântico Norte e a Corrente de Portugal ou das Canárias. Associado também a estas correntes, estão as alterações provocadas pelo fluxo de saída e entrada da água no Mar Mediterrâneo que consequentemente influenciam todo o comportamento das massas de água da periferia.

2. Distribuição e caracterização das massas de água

2.1. *Mediterranean Outflow Water*

As características que mais se destacam no Atlântico Norte subtropical são as propriedades de termoclina bem acentuadas em elevado grau de salinidade e temperatura, sendo a sua causa proveniente de fenómeno hidrográfico denominado de “língua salina” do Mediterrâneo (*Bower et al.*, 2002). A água superficial que provém do Oceano Atlântico e que progressivamente vai entrando no Mar Mediterrâneo, começa a sofrer sucessivas transformações quanto à sua composição. Segundo Kinder e Bryden (1987), no Mar Mediterrâneo, está registado uma evaporação de cerca de 60 cm/ano o que leva à produção de uma água com cerca de mais 2,1 ups, ou seja uma água mais salina e mais densa.

É no Estreito de Gibraltar que é observável uma saída de fluxo de água Mediterrânica (MOW), sendo que esta por ser mais densa em comparação com a água do Oceano Atlântico, em seu redor, desce até aos cerca de 1000 m de profundidade do talude continental, na parte leste do Golfo de Cádiz. Ao tentar perceber como é o comportamento desta MOW ao longo da costa portuguesa,

foram encontrados alguns impedimentos físicos, nomeadamente a existência de lentes salinas anticiclónicas (McDowell e Rossby *et al.*, 1978). Estes coerentes e energéticos vórtices, mais conhecidos por *meddies*, contêm grandes quantidades de água vinda do *outflow* de Gibraltar, distinguindo-se pelo seu conteúdo quente e salgado, até 1 ups e 4°C maiores que o seu ambiente envolvente.

A MOW depois de atingir a sua flutuação neutra, perto dos 8°W, acaba por ser intensificada pela Corrente de Vertente, ou subcorrente do Mediterrâneo. Esta corrente, perto do Cabo de São Vicente, segue para norte e continua ao longo do talude continental, sendo o seu transporte provavelmente até ao *Porcupine Bank* (50°N), a oeste da Irlanda.

2.2. Corrente e Contra Corrente dos Açores

A CA (Corrente dos Açores) constitui um ramo da Corrente do Golfo e dirige-se para sudeste até à Crista Dorsal Atlântica a cerca de 34°N e 37°W, a sudoeste dos Açores (Kase e Siedler, 1982; Gould, 1985). Segundo Paillet e Mercier (1997), à medida que a CA se aproxima da fronteira leste, esta bifurca: um ramo para sul que acaba por se juntar à Corrente das Canárias, e outro ramo que flui até ao Golfo de Cádiz, estando em investigação a sua extensão desde a *Newfoundland Rise*.

O transporte para leste do Atlântico Norte entre 32° e 35°N realizado pela CA é observado em cerca de 10-12 Sv, sendo a sua maioria concentrado na camada dos 1000 metros superiores do oceano e realizando velocidades que excedem os 10 cm/s (Gould, 1985; Sy, 1988; Stramma e Muller, 1989; Pingree *et al.*, 1999). Fluindo no sentido contrário, para oeste, e a norte da CA, entre 37° e 38°N, Onken (1993) foi o primeiro a sugerir a existência de outra corrente zonal, a Contra Corrente dos Açores (CCA), com um transporte de 2 a 8 Sv e bem pronunciada na camada de 0-800 metros. Stramma e Muller (1989) observaram um máximo de velocidade para a CCA de 7 cm/s.

As razões para a existência da CA ainda não estão bem explicadas, no entanto alguns estudos indicam que existe uma dependência entre esta e o Mar

Mediterrâneo, relacionado também com o conceito de dinâmica das plumas β introduzida por Stommel (1982). Ainda segundo L. da Costa (2016), acredita-se que o mecanismo da pluma β , associado à CA e à CCA, começa por ser uma pluma β topográfica ao longo do talude no nordeste do Golfo de Cádiz que, com o atrito turbulento horizontal, por exemplo associado aos *meddies*, se estende para o largo e para oeste do Cabo de São Vicente, deixando a batimetria de controlar a pluma, passando esta a ser controlada pelo gradiente de vorticidade planetária.

2.3. Dinâmica costeira de Portugal Continental

O sistema de corrente que existe no espaço marítimo envolvente de Portugal Continental é pouco definido espacialmente devido a intrigantes interações entre a costa e as correntes a uma grande escala, a topografia dos fundos oceânicos e as massas de água, contudo, Perez *et al.* (2001) e Martins *et al.* (2002) consideram que este sistema estende-se desde os 36°N até aos 46°N de latitude, e desde as costas ibéricas até aos 24°W de longitude. Este sistema de correntes é sustentado principalmente pela zona do giro subtropical, e é compreendido pela Corrente e Contra Corrente de Portugal, mais conhecida por Corrente de Vertente, sendo o seu limite norte a Corrente do Atlântico Norte, e o seu limite sul a CA (Perez *et al.*, 2001).

Aqui a salinidade e a temperatura, nos 100 m mais superficiais, variam respetivamente entre 35,8-36,0 ups e entre os 14°-19°C, dependendo do domínio da água de *upwelling* (mais fria) ou do *downwelling* (mais quente).

3. Software Matlab – Programação computacional

Para este estudo foi optado pela utilização do *software* Matlab para interpretação gráfica. A área que foi escolhida para este estudo está compreendida entre as latitudes 30°N e 45°N e as longitudes 5°W e 40°W, e quanto aos dados estes foram extraídos da *World Ocean Database 2013* (WOD13) da *National*

Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) por ser considerado um dos maiores arquivos de dados climáticos de todo o mundo.

Os dados de temperatura e salinidade adquiridos permitiram uma análise e interpretação de resultados de diferentes perspetivas. A salinidade (ups) tem um papel influente na densidade das massas de água, sendo que a densidade aumenta com os aumentos da salinidade e da pressão, e diminui com o aumento da temperatura.

A densidade (kg/m^3) é uma variável de extrema importância por estar relacionada com a força que causa a circulação interna no oceano, por influenciar as forças de flutuação e movimentos verticais e as forças de gradientes de pressão horizontais e movimentos horizontais.

A temperatura ($^{\circ}\text{C}$) nas camadas superiores do oceano, até aos 500-1000 m de profundidade, nas latitudes baixas e médias, é o parâmetro que mais influencia a densidade.

Quanto à velocidade de propagação da energia acústica (m/s), esta varia pouco com a salinidade sendo que os efeitos da temperatura e pressão podem ser mais relevantes.

4. Interpretação gráfica

Os primeiros gráficos têm como finalidade a análise geral do panorama dentro da área de investigação, tendo sido calculada a média, máximo e mínimo das quatro variáveis em estudo, à medida que a profundidade aumenta.

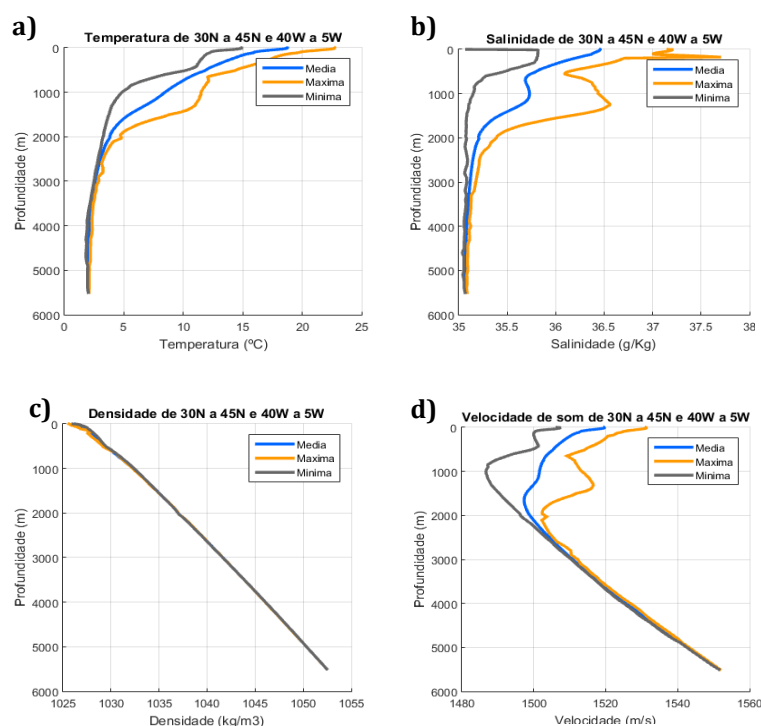


Fig. 1 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, onde são representadas as médias, máximos e mínimos das variáveis temperatura e salinidade compreendidas na área de investigação.

Analisando **1.a)**, são destacáveis as alterações dos valores máximos do sinal térmico entre os 700 e 1500 m a variar entre os 13º e 5ºC, com evidências de um máximo relativo aos 1400 m. Quanto a **1.b)**, a variável da salinidade máxima sofre uma variação entre os 550 e os 1500 m com valores a variar entre 36,2 - 35,3 g/kg, mas com um máximo relativo na profundidade de 1200 m com 36,6 g/kg, evidenciando a presença da MOW. À priori a conclusão retirada da interpretação destes valores, é que a MOW tem presença desde os 600 aos 1500 m, estando o seu núcleo compreendido entre os 1100 e os 1300 m de profundidade.

Relativamente a **1.c)** é notório uma continuidade praticamente linear no traçado das densidades achando-se as águas menos densas sobrepostas às mais densas. Em **1.d)** como consequência das alterações de temperatura e salinidade vistas acima, acaba também por sofrer variações no seu comportamento sobressaindo dois canais de som (centrados nos mínimos relativos de velocidade do som): o superior entre os 500 e 1200 m com um mínimo relativo de 1509 m/s

aos 650 m, e o inferior entre os 1200 e 3100 m com mínimo relativo de 1502 m/s aos 2000 m.

Uma análise por imersão foi também efetuada, permitindo deste modo uma avaliação horizontal das massas de água ao longo da longitude e latitude.

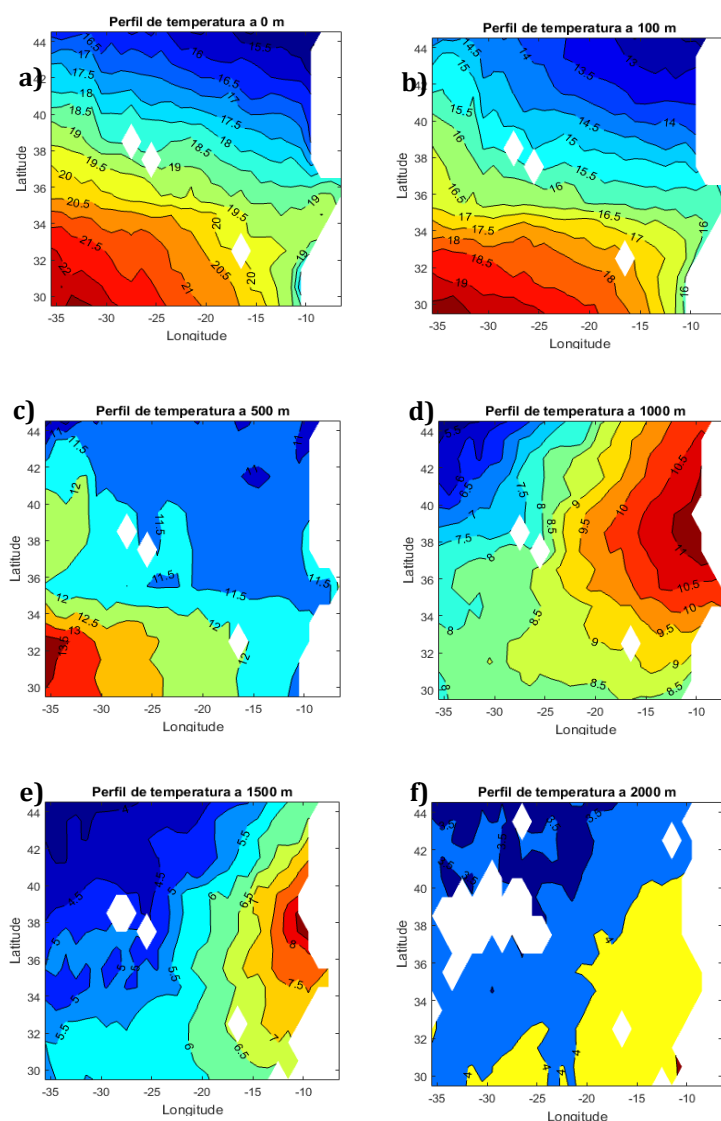


Fig. 2 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido, compreendidos na área de investigação. Distribuição de temperaturas (°C) nas profundidades: 0, 100, 500, 1000, 1500 e 2000 m.

No que diz respeito a **2.b)** são visíveis elevados gradientes N/S, variando entre os valores de 15,5°-22°C à superfície e 13°-19°C aos 100 m, sendo notória a

presença de menores temperaturas a norte e ao longo da costa portuguesa, facto que pode ser justificado pelo fenómeno de *upwelling* - ascensão de águas profundas, mais frias. Ainda nestes níveis de profundidade é possível verificar baixos gradientes E/W a norte, que aumentam bastante a sul e sudeste.

Quanto a **2.c)**, podemos constatar que ambos os gradientes (N/S e E/W) diminuem, justificado pelo facto de, a esta profundidade já não existir tanta influência dos agentes meteorológicos ou termodinâmicos da superfície. A temperatura nesta imersão varia entre 11°C a norte e nordeste, e 13,5°C a sudoeste da área.

Em **2.d)** dá-se um aumento de temperatura para os 11°C perto de costa, que se estende para norte para além dos 45°N, e para oeste com destacável presença até aos 25°W, com 8°C. Quanto a **2.e)** já se nota um desvanecimento do sinal térmico, com 8°C na costa, que se desvanecem até aos 20°W com 6°C. Este comportamento de temperatura é indício da MOW.

A evolução da característica térmica, dos 1000 m para os 1500 m, ajuda na conclusão que o núcleo da MOW se situa mais próximo dos 1000 m e não tanto dos 1500 m, dando forças à afirmação de que este núcleo se mantém entre os 1100 m e os 1300 m.

Com a análise dos gráficos anteriores é perceptível, de um modo geral, as componentes de estratificação da coluna de água ao longo da profundidade. De modo a termos uma completa noção do comportamento das massas de água foram calculadas e analisadas as correntes geostróficas N/S e E/W.

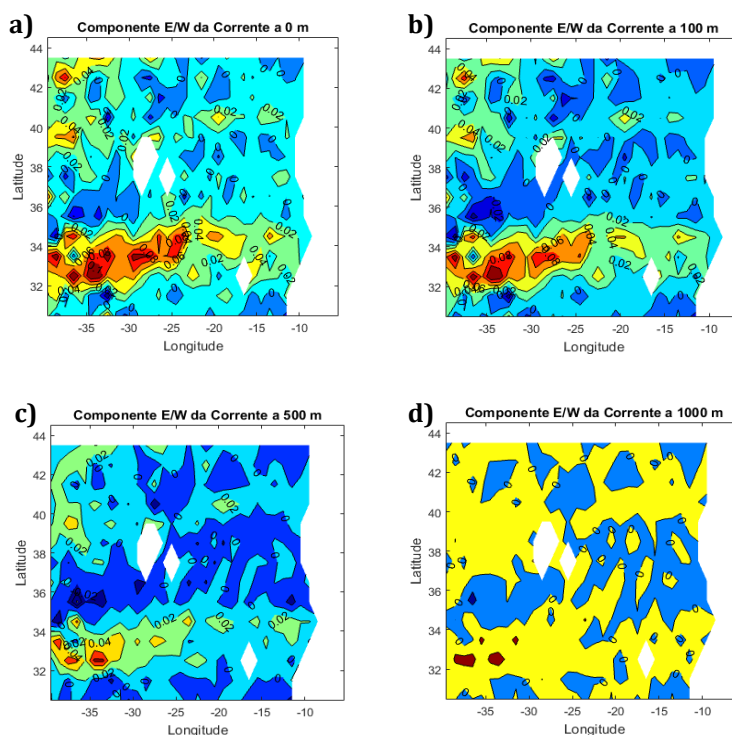


Fig. 3 - Resultados gráficos do programa em Matlab produzido. Análise da corrente geostrófica na componente E/W, ao longo da área da investigação, nas diferentes camadas de imersão: superfície, 100 m, 500 m e 1000 m de profundidade.

Quanto à componente N/S, tanto à superfície como ao longo da profundidade é difícil perceber se existe alguma coerência e consistência quanto à sua direção. No entanto quanto à componente E/W, já é claramente perceptível quais as estruturas das correntes e direções predominantes nesta área.

Em **3.a)**, entre as latitudes 32-35 N com direção para leste e com valores que chegam a atingir os 0,1 m/s nas longitudes 32-35 N, sendo o seu sinal desvanecido com a aproximação à zona costeira, encontra-se o que parece ser a CA. Quanto a **3.b)** podemos constatar uma diminuição do sinal da CA para valores de 0,08 m/s entre os 28-35 W, sendo que aqui já se pode notar a presença de uma corrente contrária à CA, a norte desta e com direção oeste, a CCA.

Em **3.c)**, é pequeno o sinal de presença da CA, no entanto já está bastante bem delineado o contorno da CCA compreendido entre as latitudes 35-37 N.

5. Conclusão

Ao longo deste estudo foi-se constatando, com o auxílio gráfico, que a principal massa de água presente nesta área de estudo, é a MOW, dando a este local as suas características térmicas e salinas. Para além desta, a CA, bifurcando da Corrente do Golfo, é essencial na dinâmica oceânica.

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice B - Código Matlab para o cálculo da densidade segundo EOS-80

```
function[rho_stp,p_z]=Densidades_2D(p,T,S)
% Cálculo das dimensões das matrizes bidimensionais p, T e S
Dimensao=size(p);
i_max=Dimensao(1); j_max=Dimensao(2);

% Conversão das pressões de dbar para bar
p=p/10;

% Cálculo da densidade sem efeito da salinidade e da pressão, apenas
da temperatura, variável rho_w
'Densidade da água doce à pressão atmosférica: ';
rho_w = 999.842594+6.793952.*10.^-2.*T-9.095290.*10.^-
3.*T.^2+1.001685.*10.^-4.*T.^3-1.120083.*10.^ 6.*T.^4+6.536332.*10.^
-9.*T.^5;

% Cálculo da densidade com os efeitos da temperatura e da salinidade,
sem pressão
'Dendidade da água salgada à pressão atmosférica: ';
rho_st0 = rho_w+S.*(0.824493-4.0899.*10.^-3.*T+7.6438.*10.^-5.*T.^2
-8.2467.*10.^-7.*T.^3+5.3875.*10.^-9.*T.^4)+S.^(3./2).*(-
5.72466.*10.^-3+1.0227.*10.^-4.*T-1.6546.*10.^-6.*T.^2)+4.8314.*10.^
-4.*S.^2;

% Cálculo do sigma_t
'Sigma-t: ';
sigma_t = rho_st0-1000;

% Cálculo do bulk modulus sem salinidade à pressão atmosférica
'Bulk modulus da água doce à pressão atmosférica: ';
K_w = 19652.21+148.4206.*T-2.327105.*T.^2+1.360477.*10.^-2.*T.^3-
5.155288.*10.^-5.*T.^4;

% Cálculo do bulk modulus para água salgada à pressão atmosférica
'Bulk modulus da água do mar à pressão atmosférica: ';
K_st0 = K_w+S.*(54.6746-0.603459.*T+1.09987.*10.^-2.*T.^2-
6.1670.*10.^-5.*T.^3)+S.^(3./2).*(7.944.*10.^-2+1.6483.*10.^-2.*T-
5.3009.*10.^-4.*T.^2);

% Cálculo do bulk modulus para água salgada com pressão
```

```

'Bulk modulus da água do mar com pressão:';
K_stp = K_st0 + p.*(3.239908+1.43713.*10.^-3.*T+1.16092.*10.^-4.*T.^2-
5.77905.*10.^-7.*T.^3)+p.*S.*(2.2838.*10.^-3-1.0981.*10.^-5.*T-
1.6078.*10.^-6.*T.^2)+1.91075.*10.^-
4.*p.*S.^(3./2)+p.^2.*(8.50935.*10.^-5-6.12293.*10.^-
6.*T+5.2787.*10.^-8.*T.^2)+ p.^2.*S.*(-9.9348.*10.^-7+2.0816.*10.^-
8.*T+9.1697.*10.^-10.*T.^2);

% Cálculo da densidade função da temperatura, da salinidade e da
pressão
'Densidade da água do mar in situ:';
rho_stp = rho_st0./(1-p./K_stp);

'Parâmetro de Knudsen / sigma-stp:';
sigma_stp=rho_stp-1000;

% Calcula volumes específicos
'Volumes específicos in-situ:';
alfa_stp =1./rho_stp;

% Cálculo da anomalia de volume específico, delta
alfa_35_0_0=9.7266204e-4;
K_35_0_p=21582.27+3.35940552.*p+5.03217e-5.*p.^2;
alfa_35_0_p=alfa_35_0_0.*(1-p./K_35_0_p);

'Anomalia de volume específico:';
delta=(alfa_stp-alfa_35_0_p);

% Converte pressões de bares para decibares
p=10.*p;

% Aceleração da gravidade, g
g=9.801;

% Coeficientes para cálculo de conversões de pressão para
profundidades
c1=9.72659; c2=-2.2512*10^-5; c3=2.279*10^-10; c4=-1.82*10^-15;
gama=2.184*10^-6;
for i=1:i_max
    delta_acu(i,1)=0;
    z(i,1)=(c1*p(i,1)+c2*p(i,1)^2+c3*p(i,1)^3+c4*p(i,1) ...
    ^4)/(g+0.5*gama*p(i,1))+delta_acu(i,1)/9.8;
end

```

```
for i=1:i_max
    for j=2:j_max
        delta_acu(i,j)=delta(i,j)*(p(i,j)-p(i,j-1))+ ...
            delta_acu(i,j-1);
        z(i,j)=(c1*p(i,j)+c2*p(i,j)^2+c3*p(i,j)^3+c4*p(i,j)^4)/ ...
            (g+0.5*gama*p(i,j))+delta_acu(i,j)/9.8;
    end
end

p_z = p./z;
```

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice C - Código Matlab para o cálculo da velocidade do som segundo EOS-80

```
function [C_stp_UNESCO]=VelocidadeDoSomUNESCO(p,T,S)
% Converte de pressão p de dbar para bar
p=p/10;

% Coeficientes c:
c00=1402.388;c01=5.03711;c02=-5.80852e-2; c03=3.342e-4;c04=-1.478e-6;
c05=3.1464e-9;
c10=0.153563; c11=6.8982e-4;c12=-8.1788e-6;c13=1.3621e-7;c14=-6.1185e-
10;
c20=3.126e-5; c21=-1.7107e-6;c22=2.5974e-8;c23=-2.5335e-
10;c24=1.0405e-12;
c30=-9.7729e-9;c31=3.8504e-10;c32=-2.3643e-12;

Cw_tp=c00+c01.*T+c02.*T.^2+c03.*T.^3+c04.*T.^4+c05.*T.^5+(c10+c11.*T+c
12.*T.^2+c13.*T.^3+c14.*T.^4).*p+(c20+c21.*T+c22.*T.^2+c23.*T.^3+c24.*
T.^4).*p.^2+(c30+c31.*T+c32.*T.^2).*p.^3;

% Coeficientes a:
a00=1.389;a01=-1.262e-2;a02=7.164e-5;a03=2.006e-6;a04=-3.21e-8;
a10=9.4742e-5;a11=-1.258e-5;a12=-6.4885e-8;a13=1.0507e-8;a14=-2.0122e-
10;
a20=-3.9067e-7;a21=9.1041e-9;a22=-1.6002e-10;a23=7.988e-12;a30=1.1e-
10;
a31=6.649e-12;a32=-3.389e-13;

A_tp=a00+a01.*T+a02.*T.^2+a03.*T.^3+a04.*T.^4+(a10+a11.*T+a12.*T.^2+a1
3.*T.^3+a14.*T.^4).*p+(a20+a21.*T+a22.*T.^2+a23.*T.^3).*p.^2
+(a30+a31.*T+a32.*T.^2).*p.^3;

% Coeficientes b:
b00=-1.922e-2;b10=7.3637e-5;b01=-4.42e-5;b11=1.7945e-7;
B_tp=b00+b01.*T+(b10+b11.*T).*p;

% Coeficientes d
d00=1.727e-3;d10=-7.9836e-6;
D_tp=d00+d10.*p;
% Calcula a velocidade do som, C_stp
'Velocidade do som (fórmulas da UNESCO) (m/s)';
C_stp_UNESCO=Cw_tp+A_tp.*S+B_tp.*S.^(3./2)+D_tp.*S.^2;
```

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice D - Tabela do estudo das diferenças relativas entre EOS-80 e TEOS-10

Estudo das diferenças relativas entre EOS-80 e TEOS-10. Área de estudo: 30° a 45°N; 005° a 040°W

Imersões (m)	EOS-80				TEOS-10				Diferenças relativas			
	T média	S média	rho média	c média	TC média	SA média	rho média	c média	Dif T %	Dif S %	Dif rho %	Dif c %
0	18.80	36.29	1026.06	1519.54	18.75	36.46	1026.20	1519.60	-0.25	0.47	0.01	0.00
10	18.76	36.28	1026.11	1519.60	18.71	36.45	1026.25	1519.65	-0.26	0.47	0.01	0.00
20	18.60	36.28	1026.19	1519.29	18.55	36.45	1026.34	1519.33	-0.27	0.47	0.01	0.00
30	18.29	36.28	1026.31	1518.57	18.24	36.45	1026.45	1518.61	-0.28	0.47	0.01	0.00
50	17.42	36.26	1026.60	1516.33	17.36	36.43	1026.74	1516.37	-0.31	0.47	0.01	0.00
75	16.50	36.23	1026.91	1513.98	16.45	36.40	1027.05	1514.01	-0.34	0.47	0.01	0.00
100	15.93	36.20	1027.13	1512.61	15.87	36.37	1027.27	1512.63	-0.37	0.47	0.01	0.00
125	15.55	36.16	1027.30	1511.81	15.49	36.33	1027.44	1512.63	-0.39	0.47	0.01	0.00
150	15.23	36.12	1027.45	1511.18	15.17	36.29	1027.59	1511.18	-0.41	0.47	0.01	0.00
200	14.65	36.03	1027.73	1510.07	14.58	36.20	1027.88	1510.06	-0.46	0.47	0.01	0.00
250	14.14	35.94	1028.00	1509.15	14.06	36.11	1028.14	1509.12	-0.50	0.47	0.01	0.00
300	13.64	35.87	1028.27	1508.29	13.57	36.04	1028.41	1508.25	-0.55	0.47	0.01	0.00
400	12.73	35.74	1028.80	1506.78	12.65	35.90	1028.95	1506.71	-0.65	0.47	0.01	-0.01
500	11.89	35.62	1029.32	1505.43	11.80	35.79	1029.47	1505.33	-0.76	0.47	0.01	-0.01
600	11.06	35.54	1029.87	1504.12	10.96	35.71	1030.02	1503.98	-0.89	0.47	0.01	-0.01
700	10.31	35.52	1030.44	1503.12	10.21	35.69	1030.59	1502.95	-1.03	0.48	0.01	-0.01
800	9.68	35.53	1031.01	1502.53	9.57	35.70	1031.17	1502.32	-1.19	0.48	0.01	-0.01
900	9.11	35.55	1031.58	1502.12	8.98	35.72	1031.73	1501.87	-1.36	0.48	0.02	-0.02
1000	8.59	35.56	1032.12	1501.88	8.46	35.73	1032.28	1501.60	-1.53	0.48	0.02	-0.02
1100	8.11	35.55	1032.65	1501.70	7.97	35.72	1032.80	1501.40	-1.70	0.48	0.02	-0.02
1200	7.57	35.51	1033.16	1501.27	7.42	35.68	1033.31	1500.93	-1.91	0.48	0.02	-0.02
1300	6.91	35.43	1033.65	1500.33	6.77	35.60	1033.81	1499.97	-2.14	0.49	0.02	-0.02
1400	6.24	35.34	1034.13	1499.24	6.09	35.51	1034.29	1498.87	-2.39	0.49	0.02	-0.02
1500	5.61	35.24	1034.61	1498.28	5.46	35.42	1034.77	1497.90	-2.69	0.49	0.02	-0.03
1750	4.54	35.10	1035.78	1497.91	4.38	35.27	1035.94	1497.47	-3.52	0.49	0.02	-0.03
2000	3.97	35.04	1036.94	1499.69	3.80	35.21	1037.10	1499.18	-4.42	0.49	0.02	-0.03
2500	3.24	34.97	1039.22	1504.97	3.03	35.14	1039.39	1504.29	-6.56	0.49	0.02	-0.04
3000	2.84	34.95	1041.47	1511.68	2.58	35.12	1041.65	1510.82	-9.05	0.49	0.02	-0.06
3500	2.59	34.92	1043.68	1519.17	2.29	35.10	1043.87	1518.09	-11.72	0.49	0.02	-0.07
4000	2.49	34.91	1045.86	1527.28	2.13	35.08	1046.06	1525.97	-14.46	0.49	0.02	-0.09
4500	2.47	34.90	1048.00	1535.81	2.05	35.07	1048.21	1534.26	-17.02	0.50	0.02	-0.10
5000	2.50	34.90	1050.11	1544.65	2.02	35.07	1050.34	1542.83	-19.42	0.50	0.02	-0.12
5500	2.60	34.90	1052.19	1553.75	2.04	35.07	1052.44	1551.66	-21.44	0.50	0.02	-0.13
Média									-3.95	0.48	0.02	-0.02

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice E - Código Matlab para as funções de inicialização do GUI

```
function varargout = oceanGUI(varargin
```

```
function varargout = oceanGUI_OutputFcn(~, ~, handles)
```

```
function oceanGUI_OpeningFcn(hObject, ~, handles, varargin)
```

```
% Limpeza generica

clc;
commandwindow;

% Abrir Workspace (para dados)
%{
Ficheiro .mat criado na versao MATLAB v7.3
Cria um apontador "ws" para o ficheiro de dados
%}

save('workspace.mat', '-v7.3');
ws = matfile('workspace.mat', 'Writable', true);

% Flags globais
ws.status_D = 0;           % Flag: Carregamento de dados OK
ws.status_A = 1;           % Flag: Algoritmo EOS por defeito
ws.status_U = 1;           % Flag: Modo arranque automatico

% Reset do GUI
reset_inputs(hObject, handles, 1);
reset_plots(hObject, handles);

% Choose default command line output for oceanGUI
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% Corre se modo automatico
if ws.status_U
    Menu_2_1_Callback(hObject, 0, handles)
    Menu_3_1_Callback(hObject, 0, handles)
end

% Limpeza variaveis
clear ws;
```

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice F - Código Matlab para as funções de preparação

```
function reset_inputs(~, handles, opcao

% Workspace
ws = matfile('workspace.mat', 'Writable', true);

% Variaveis
imersoes = [0,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70,75,80,85,...
            90,95,100,125,150,175,200,225,250,275,300,325,350,...
            375,400,425,450,475,500,550,600,650,700,750,800,850,...
            900,950,1000,1050,1100,1150,1200,1250,1300,1350,1400,...
            1450,1500,1550,1600,1650,1700,1750,1800,1850,1900,...
            1950,2000,2100,2200,2300,2400,2500,2600,2700,2800,...
            2900,3000,3100,3200,3300,3400,3500,3600,3700,3800,...
            3900,4000,4100,4200,4300,4400,4500,4600,4700,4800,...
            4900,5000,5100,5200,5300,5400,5500];

prof      = {'0','100','500','700','800','900','1000','1100','1200',...
            '1300','1400','1500','2000','2500','3000'};

ensaios = {'01. Media Temperatura','02. Media Salinidade',...
            '03. Media Densidade','04. Media Velocidades'...
            '05. Fixos Temperatura','06. Fixos Salinidade',...
            '07. Fixos Densidade','08. Fixos Velocidade'...
            '09. Mapas Temperatura','10. Mapas Salinidade',...
            '11. Mapas Densidade','12. Mapas Velocidade'...
            '13. Seccoes Lat Temperatura',...
            '14. Seccoes Lat Salinidade',...
            '15. Seccoes Lat Densidade',...
            '16. Seccoes Lat Velocidade'....
            '17. Seccoes Long Temperatura',...
            '18. Seccoes Long Salinidade',...
            '19. Seccoes Long Densidade',...
            '20. Seccoes Long Velocidade'....
            '21. Correntes por Latitude - N/S',...
            '22. Correntes por Longitude - E/W'...
            '23. Correntes por imersao - N/S',...
            '24. Correntes por imersao - E/W'};

% Localizacao base
lat_min  = '29';
lat_max  = '45';
long_min = '-36';
long_max = '-6'
```

Painel 1 - Localizacao/Coordenadas

```
switch(opcao)
    case 1
        % Actualizar definicoes dos menus
        %set(handles.Menu_2_2,'Enable','Off');
        set(handles.Menu_2_3,'Enable','Off');
        set(handles.Menu_2_4,'Enable','Off');
        set(handles.Menu_3,'Enable','Off');
        set(handles.Menu_4,'Enable','Off');

        % Coloca os campos limpos
        set(handles.lat_1,'String','-');
        set(handles.lat_2,'String','-');
        set(handles.long_1,'String','-');
        set(handles.long_2,'String','-');
        set(handles.prof,'Value',1);
        set(handles.prof,'String','-');

        % Desactiva os campos
        set(handles.lat_1,'Enable','Off');
        set(handles.lat_2,'Enable','Off');
        set(handles.long_1,'Enable','Off');
        set(handles.long_2,'Enable','Off');
        set(handles.prof,'Value',1);
        set(handles.prof,'Enable','Off');
        set(handles.menu_1,'Enable','Off');
        set(handles.menu_2,'Enable','Off');
        set(handles.EOS_80,'Enable','Off');
        set(handles.TEOS_10,'Enable','Off');

    case 2
        % Actualizar definicoes dos menus
        %set(handles.Menu_2_2,'Enable','Off');
        set(handles.Menu_2_3,'Enable','On');
        set(handles.Menu_2_4,'Enable','On');
        set(handles.Menu_3,'Enable','On');
        set(handles.Menu_4,'Enable','Off');
```

```
% Coloca valores predefinidos (base)
set(handles.lat_1,'String',lat_min);
set(handles.lat_2,'String',lat_max);
set(handles.long_1,'String',long_min);
set(handles.long_2,'String',long_max);

set(handles.prof,'String',prof);
set(handles.prof,'Value',1);

% Activa os campos
set(handles.lat_1,'Enable','On');
set(handles.lat_2,'Enable','On');
set(handles.long_1,'Enable','On');
set(handles.long_2,'Enable','On');
set(handles.prof,'Enable','On');
set(handles.prof,'Value',1);
set(handles.menu_1,'Enable','On');
set(handles.menu_2,'Enable','On');
set(handles.EOS_80,'Enable','On');
set(handles.TEOS_10,'Enable','On');
set(handles.EOS_80,'Value',1);
set(handles.TEOS_10,'Value',0);

end
```

Painel 2 - Seleccionar graficos

```
switch(opcao)
case 1
    % Desactiva os campos
    set(handles.menu_1,'Enable','Off');
    set(handles.menu_2,'Enable','Off');
    set(handles.menu_1,'String','-');
    set(handles.menu_2,'String','-');

case 2
    % Activa os campos
```

```
set(handles.menu_1,'Enable','On');
set(handles.menu_2,'Enable','On');
set(handles.menu_1,'String',ensaios);
set(handles.menu_2,'String',ensaios);
set(handles.menu_1,'Value',1);
set(handles.menu_2,'Value',2);

end

% Guardar variaveis
ws.IMMER = imersoos'; % Transpor para coluna para construir tabela
ws.ensaios = ensaios; % Guardar lista de ensaios no workspace
ws.prof = prof; % Guardar profundidades-tipo

% Limpeza variaveis
clear wait step steps ...
    lat_min lat_max long_min long_max
```

```
function reset_plots(~, handles)
```

Reset de painel de plots

```
% Reset de Plots
axes(handles.axes1);
cla('reset'); hold on; grid on;
plot([0 1],[0 1],'Color',[0.4,0.4,0.4]);
plot([0 1],[1 0],'Color',[0.4,0.4,0.4]);

axes(handles.axes2);
cla('reset'); hold on; grid on;
plot([0 1],[0 1],'Color',[0.4,0.4,0.4]);
plot([0 1],[1 0],'Color',[0.4,0.4,0.4]);

% Limpeza variaveis
clear wait step steps ws ensaios
```


Apêndice G - Código Matlab para a função de carregamento de dados

```
function dados_carregar_CSV(hObject, handles)
```

FUNCAO: Abertura Dados CSV

```
% Variaveis
ws = matfile('workspace.mat','Writable',true);

% Acessorios
predef = 'Dados_CSV';      % pode colocar outra pasta predefinida

%{
% Seleccionar ficheiro (menu de interface)
ficheiro_1      Ficheiro .CSV das temperaturas
ficheiro_2      Ficheiro .CSV das salinidades
%}

% Abertura dos ficheiros
if ws.status_U
    % Modo automatico
    pasta      = strcat(pwd, '/Dados_CSV/');
    ficheiro_1 = 'woa13_decav_t00mn01v2.csv';
    ficheiro_2 = 'woa13_decav_s00mn01v2.csv';
    caminho_1  = strcat(pasta, ficheiro_1);
    caminho_2  = strcat(pasta, ficheiro_2);
else
    % Modo manual
    [ficheiro_1, pasta] = uigetfile({'*.csv', 'Excel Files (*.csv)'}, ...
    'Selecione o ficheiro de temperatura (CSV Format)', predef);
    caminho_1          = strcat(pasta, ficheiro_1);
    [ficheiro_2, pasta] = uigetfile({'*.csv', 'Excel Files (*.csv)'}, ...
    'Selecione o ficheiro de salinidade (CSV Format)', predef);
    caminho_2          = strcat(pasta, ficheiro_2);
end

% Leitura dos dados
```

```
dados_1 = dlmread(caminho_1, ',', 3);
dados_2 = dlmread(caminho_2, ',', 3);

% Filtrar linhas com zeros
dados_1(dados_1 == 0) = NaN;
dados_2(dados_2 == 0) = NaN;

% Equilibrar vectores
if size(dados_1,1) > size(dados_2,1)
    dados_1 = dados_1(sum(ismember(dados_2(:,1:2), dados_1(:,1:2)), 2)
    == 2, :);
else
    dados_2 = dados_2(sum(ismember(dados_1(:,1:2), dados_2(:,1:2)), 2)
    == 2, :);
end

% Actualiza campos de dados
reset_inputs(hObject, handles, 2);

% Tabela resumo
ws.ensaio_1 = ficheiro_1;
ws.ensaio_2 = ficheiro_2;
ws.dados_1 = dados_1;
ws.dados_2 = dados_2;

% Informacao para utilizador
ws.status_D = 1;

% Limpeza variaveis
clear ws;
clear ficheiro_1 ficheiro_2 pasta dados_1 dados_2...
    wait step steps;
```

Apêndice H - Código Matlab para a função de cálculo

```
function dados_calc(~, handles, dados_1, dados_2, opcao)
```

FUNCAO: Calcular Dados

```
% Workspace
ws = matfile('workspace.mat','Writable',true);

% Variaveis
IMMER    = ws.IMMER;           % Vector temporario das imersoes
nr_imm   = size(IMMER,1);      % Quantidade de valores de imersao
nr_per   = size(dados_1,1);    % Quantidade de leituras verticais

% Pre-alocacao outras variaveis
INSITU_av = zeros(nr_imm,1);
INSITU_DP = zeros(nr_imm,1);
INSITU_max = zeros(nr_imm,1);
INSITU_min = zeros(nr_imm,1);

SALINIT_av = zeros(nr_imm,1);
SALINIT_DP = zeros(nr_imm,1);
SALINIT_max = zeros(nr_imm,1);
SALINIT_min = zeros(nr_imm,1);

E_W_av = zeros(nr_imm,1);
E_W_DP = zeros(nr_imm,1);
E_W_max = zeros(nr_imm,1);
E_W_min = zeros(nr_imm,1);

% Pasta predefinida
default_M = '/M-functions/';    % Pasta predefinida para M-scripts
path_M    = strcat(pwd,default_M); % Caminho completo para pasta
addpath(genpath(path_M));        % Adiciona pasta

% Dados calculados (In-situ + Salinidade)
if ws.status_A == 1             % Algoritmo EOS_80

    % Calculos
    switch(opcao)

        % Calculos para todas >1 profundidade (basico)
        case 1

            % Dados lidos
            INSITU = dados_1;
            SALINIT = dados_2;

            % Calculos Densidade e Velocidade para Perfis
            DEN = [dados_1(:,1),dados_1(:,2)];
            VEL = [dados_1(:,1),dados_1(:,2)];

            p_ref = IMMER;
```

```

p_rev = p_ref;

% Calculos Densidade e Velocidade por Imersao
for i = 1:nr_imm

    % Aproximacao da pressao
    if p_ref(i) == 0

        p_rev(i) = 0;

    else

        [~,p_z] = calc_d_2D(p_ref(i),INSITU(:,3),...
        SALINIT(:,3));

        p_rev(i) = p_ref(i)*p_z;

    end

    % Dados calculados (densidade revista)
    [DEN_temp,~] = calc_d_2D(p_rev(i),INSITU(:,2+i),...
    SALINIT(:,2+i));
    VEL_temp = calc_v_2D(p_rev(i),INSITU(:,2+i),...
    SALINIT(:,2+i));

    % Adicionar colunas
    DEN(:,2+i) = DEN_temp;
    VEL(:,2+i) = VEL_temp;

end

% Calcula valores maximos, medios e minimos
for i = 1:nr_imm

    INSITU_av(i,1) = nanmean(dados_1(:,2+i)); % Valor medio salinidade
    INSITU_DP(i,1) = mad(dados_1(:,2+i)); % Desvio padrao salinidade
    INSITU_max(i,1) = max(dados_1(:,2+i)); % Valor maximo salinidade
    INSITU_min(i,1) = min(dados_1(:,2+i)); % Valor minimo salinidade
    SALINIT_av(i,1) = nanmean(dados_2(:,2+i)); % Valor medio salinidade
    SALINIT_DP(i,1) = mad(dados_2(:,2+i)); % Desvio padrao salinidade
    SALINIT_max(i,1) = max(dados_2(:,2+i)); % Valor maximo salinidade
    SALINIT_min(i,1) = min(dados_2(:,2+i)); % Valor minimo salinidade

end

% Valores medios, maximos e minimos (Densidade e Velocidade)

DEN_av = calc_d_2D(p_ref,INSITU_av,SALINIT_av);
% Valor medio densidade
DEN_DP = calc_d_2D(p_ref,INSITU_DP,SALINIT_DP);
% Desvio padrao densidade
DEN_max = calc_d_2D(p_ref,INSITU_max,SALINIT_max);
% Valor maximo densidade
DEN_min = calc_d_2D(p_ref,INSITU_min,SALINIT_min);
% Valor minimo salinidade
VEL_av = calc_v_2D(p_ref,INSITU_av,SALINIT_av);
% Valor medio densidade
VEL_DP = calc_v_2D(p_ref,INSITU_DP,SALINIT_DP);

```

```

% Desvio padrao densidade
VEL_max = calc_v_2D(p_ref, INSITU_max, SALINIT_max);
% Valor maximo densidade
VEL_min = calc_v_2D(p_ref, INSITU_min, SALINIT_min);
% Valor minimo salinidade

% Guardar dados principais
ws.IMMER = IMMER;

ws.INSITU = INSITU;
ws.SALINIT = SALINIT;
ws.DEN = DEN;
ws.VEL = VEL;

% Guardar tabela
ws.tabela = table(IMMER, ...
    INSITU_av, INSITU_DP, INSITU_max, INSITU_min, ...
    SALINIT_av, SALINIT_DP, SALINIT_max, SALINIT_min, ...
    DEN_av, DEN_DP, DEN_max, DEN_min, ...
    VEL_av, VEL_DP, VEL_max, VEL_min);

% Calculos para uma profundidade (ie: campos)
case 2

% Dados lidos
INSITU = dados_1;
SALINIT = dados_2;

% Informacao da profundidade
item = get(handles.prof, 'Value');
prof = ws.prof;
p_ref = str2num(prof{item});

% Dados calculados

% Aproximacao da pressao
if p_ref == 0

    p_rev = 0;

else

    [~, p_z] = calc_d_2D(p_ref, INSITU(:,3), SALINIT(:,3));
    p_rev = p_ref.*mean(p_z);

end

% Dados calculados (densidade revista)
[DEN_temp, ~] = calc_d_2D(p_rev, INSITU(:,3), SALINIT(:,3));
VEL_temp = calc_v_2D(p_rev, INSITU(:,3), SALINIT(:,3));

DEN = [dados_1(:,1), dados_1(:,2), DEN_temp];
VEL = [dados_1(:,1), dados_1(:,2), VEL_temp];

% Valores medios, maximos e minimos

```

```

INSITU_av = nanmean(dados_1(:,3)); % Valor medio salinidade
INSITU_DP = mad(dados_1(:,3)); % Desvio padrao salinidade
INSITU_max = max(dados_1(:,3)); % Valor maximo salinidade
INSITU_min = min(dados_1(:,3)); % Valor minimo salinidade
SALINIT_av = nanmean(dados_2(:,3)); % Valor medio salinidade
SALINIT_DP = mad(dados_2(:,3)); % Desvio padrao salinidade
SALINIT_max = max(dados_2(:,3)); % Valor maximo salinidade
SALINIT_min = min(dados_2(:,3)); % Valor minimo salinidade
DEN_av = nanmean(dados_1(:,3)); % Valor medio densidade
DEN_DP = mad(dados_1(:,3)); % Desvio padrao densidade
DEN_max = max(dados_1(:,3)); % Valor maximo densidade
DEN_min = min(dados_1(:,3)); % Valor minimo densidade
VEL_av = nanmean(dados_2(:,3)); % Valor medio velocidade
VEL_DP = mad(dados_2(:,3)); % Desvio padrao velocidade
VEL_max = max(dados_2(:,3)); % Valor maximo velocidade
VEL_min = min(dados_2(:,3)); % Valor minimo velocidade

% Guardar valores no workspace
ws.INSITU = INSITU;
ws.SALINIT = SALINIT;
ws.DEN = DEN;
ws.VEL = VEL;

case 3
    % Dados lidos
    INSITU = dados_1;
    SALINIT = dados_2;

    % Rever pressoes
    p_ref = IMMER;
    p_rev = p_ref;

    % Calculos Densidade e Velocidade por Imersao
    for i = 1:nr_imm

        % Aproximacao da pressao
        if p_ref(i) == 0

            p_rev(i) = 0;

        else

            [~,p_z] = calc_d_2D(p_ref(i),INSITU(:,3),SALINIT(:,3));

            p_rev(i) = p_ref(i)*p_z;

        end

    end

    % Calculos geoestroficos (stream function e correntes)
    p_ref = 1500; % Valor forçado a 1500mt

    geo_strf_dyn_height = ...
    gsw_geo_strf_dyn_height(SALINIT(:,3:end)',INSITU(:,3:end)',p_rev,p_ref
    );

```

```

% Primeiro ajuste latitude/longitude
long_temp = zeros(102,size(dados_1(:,2),1));
lat_temp = zeros(102,size(dados_1(:,1),1));

for i = 1:102
    long_temp(i,:) = dados_1(:,2)';
    lat_temp(i,:) = dados_1(:,1)';
end

% Verifica se perfil latitude ou longitude
if lat_temp(1,1) == lat_temp(1,2)

[geostrophic_velocity,~,~] = ...
gsw_geostrophic_velocity(geo_strf_dyn_height,long_temp,lat_temp,p_ref)
;
    geostrophic_velocity = geostrophic_velocity';

else

[geostrophic_velocity,~,~] = ...
gsw_geostrophic_velocity(geo_strf_dyn_height,long_temp,lat_temp,p_ref)
;
    geostrophic_velocity = -geostrophic_velocity';

end

% Outros ajustes
geostrophic_velocity(:,58:102) = 0; % Coloca a zeros abaixo do nivel
geostrophic_velocity(end+1,:) = 0; % Linha de zeros para acertar

VEL_GEO = horzcat([dados_1(:,1),dados_1(:,2)],geostrophic_velocity);

% Guardar dados
ws.VEL_GEO = VEL_GEO;

elseif ws.status_A == 2 % Algoritmo TEOS_10

% Calculos
switch(opcao)

% Calculos para todas >1 profundidade (basico)
case 1

% Dados lidos
INSITU = dados_1;
SALINIT = dados_2;

p_ref = IMMER;

% Aproximacao da pressao
for i = 1:nr_per

for n = 1:nr_imm

```

```

        % Imersoes exatas (m) em 2D
        imer(i,n) = IMMER(n);

    end
end

p_rev = gsw_p_from_z(-imer,SALINIT(:,3:end));

    % Dados calculados
SALINIT(:,3:end) = ...
gsw_SA_from_SP(SALINIT(:,3:end),p_rev,dados_1(:,1),dados_1(:,2));
INSITU(:,3:end) = ...
gsw_CT_from_t(SALINIT(:,3:end),INSITU(:,3:end),p_rev);

DEN_temp = gsw_rho(SALINIT(:,3:end),INSITU(:,3:end),p_rev);
VEL_temp = gsw_sound_speed(SALINIT(:,3:end),INSITU(:,3:end),p_rev);

    % Calculos Densidade e Velocidade para Perfis
DEN = [dados_1(:,1),dados_1(:,2),DEN_temp];
VEL = [dados_1(:,1),dados_1(:,2),VEL_temp];

    % Calcula valores maximos, medios e minimos
for i = 1:nr_imm

    INSITU_av(i,1) = nanmean(INSITU(:,2+i));    % Valor medio salinidade
    INSITU_DP(i,1) = mad(INSITU(:,2+i));        % Desvio padrao salinidade
    INSITU_max(i,1) = max(INSITU(:,2+i));        % Valor maximo salinidade
    INSITU_min(i,1) = min(INSITU(:,2+i));        % Valor minimo salinidade
    SALINIT_av(i,1) = nanmean(SALINIT(:,2+i));  % Valor medio salinidade
    SALINIT_DP(i,1) = mad(SALINIT(:,2+i));      % Desvio padrao salinidade
    SALINIT_max(i,1) = max(SALINIT(:,2+i));      % Valor maximo salinidade
    SALINIT_min(i,1) = min(SALINIT(:,2+i));      % Valor minimo salinidade

end

    % Valores medios, maximos e minimos (Densidade e Velocidade)
DEN_av = calc_d_2D(p_ref,INSITU_av,SALINIT_av);
% Valor medio densidade
DEN_DP = calc_d_2D(p_ref,INSITU_DP,SALINIT_DP);
% Desvio padrao densidade
DEN_max = calc_d_2D(p_ref,INSITU_max,SALINIT_max);
% Valor maximo densidade
DEN_min = calc_d_2D(p_ref,INSITU_min,SALINIT_min);
% Valor minimo salinidade
VEL_av = calc_v_2D(p_ref,INSITU_av,SALINIT_av);
% Valor medio densidade
VEL_DP = calc_v_2D(p_ref,INSITU_DP,SALINIT_DP);
% Desvio padrao densidade
VEL_max = calc_v_2D(p_ref,INSITU_max,SALINIT_max);
% Valor maximo densidade
VEL_min = calc_v_2D(p_ref,INSITU_min,SALINIT_min);
% Valor minimo salinidade

    % Tabela resumo
ws.IMMER = IMMER;

ws.INSITU = INSITU;
ws.SALINIT = SALINIT;

```



```

ws.DEN      = DEN;
ws.VEL      = VEL;

% Guardar tabela
ws.tabela = table(IMMER, ...
    INSITU_av, INSITU_DP, INSITU_max, INSITU_min, ...
    SALINIT_av, SALINIT_DP, SALINIT_max, SALINIT_min, ...
    DEN_av, DEN_DP, DEN_max, DEN_min, ...
    VEL_av, VEL_DP, VEL_max, VEL_min);

% Calculos para uma profundidade (ie: campos)
case 2

    % Dados lidos
    INSITU = dados_1;
    SALINIT = dados_2;

    % Informacao da profundidade
    item = get(handles.prof, 'Value');
    prof = ws.prof;
    p_ref = str2num(prof{item});

    % Converter imersoes para pressoes
    if p_ref == 0

        p_rev = 0;

    else

        % Utiliza a EOS em primeira iteracao
        [~, p_z] = calc_d_2D(p_ref, INSITU(:,3), SALINIT(:,3));
        p_rev = p_ref.*mean(p_z);

    end

    % Dados calculados (revistos com TEOS)
    SALINIT(:,3) = ...
    gsw_SA_from_SP(SALINIT(:,3), p_rev, dados_1(:,1), dados_1(:,2));

    INSITU(:,3) = gsw_CT_from_t(SALINIT(:,3), INSITU(:,3), p_rev);

    DEN_temp = gsw_rho(SALINIT(:,3), INSITU(:,3), p_rev);
    VEL_temp = gsw_sound_speed(SALINIT(:,3), INSITU(:,3), p_rev);

    DEN = [dados_1(:,1), dados_1(:,2), DEN_temp];
    VEL = [dados_1(:,1), dados_1(:,2), VEL_temp];

    % Guardar valores no workspace
    ws.INSITU = INSITU;
    ws.SALINIT = SALINIT;
    ws.DEN = DEN;
    ws.VEL = VEL;

case 3

```

```

% Dados lidos
INSITU = dados_1;
SALINIT = dados_2;

% Rever pressoes
p_ref = IMMER;
p_rev = p_ref;

% Calculos Densidade e Velocidade por Imersao
for i = 1:nr_imm

    % Aproximacao da pressao
    if p_ref(i) == 0

        p_rev(i) = 0;

    else

        [~,p_z] = calc_d_2D(p_ref(i),INSITU(:,3),SALINIT(:,3));

        p_rev(i) = p_ref(i)*p_z;

    end

end

% Calculos geoestroficos (stream function e correntes)
p_ref = 1500;          % Valor forçado a 1500mt

geo_strf_dyn_height = ...
gsw_geo_strf_dyn_height(SALINIT(:,3:end)',INSITU(:,3:end)',p_rev,p_ref
);

% Primeiro ajuste latitude/longitude
long_temp = zeros(102,size(dados_1(:,2),1));
lat_temp = zeros(102,size(dados_1(:,1),1));

for i = 1:102

    long_temp(i,:) = dados_1(:,2)';
    lat_temp(i,:) = dados_1(:,1)';

end

% Verifica se perfil latitude ou longitude
if lat_temp(1,1) == lat_temp(1,2)

    [geostrophic_velocity,~,~] = ...
    gsw_geostrophic_velocity(geo_strf_dyn_height,long_temp,lat_temp,p_ref)
    ;
    geostrophic_velocity = geostrophic_velocity';

else

    [geostrophic_velocity,~,~] = ...
    gsw_geostrophic_velocity(geo_strf_dyn_height,long_temp,lat_temp,p_ref)
    ;
    geostrophic_velocity = -geostrophic_velocity';

```

```

end

% Outros ajustes
geostrophic_velocity(:,58:102) = 0; % Coloca a zeros abaixo do nivel
geostrophic_velocity(end+1,:) = 0; % Linha de zeros para acertar

VEL_GEO = horzcat([dados_1(:,1),dados_1(:,2)],geostrophic_velocity);

% Guardar dados
ws.VEL_GEO = VEL_GEO;

case 4

% Dados lidos
INSITU = dados_1;
SALINIT = dados_2;

% Rever pressoes
p_ref = IMMER;
p_rev = p_ref;

% Calculos Densidade e Velocidade por Imersao
for i = 1:nr_imm

% Aproximacao da pressao
if p_ref(i) == 0

p_rev(i) = 0;

else

[~,p_z] = calc_d_2D(p_ref(i),INSITU(:,3),SALINIT(:,3));

p_rev(i) = p_ref(i)*p_z;

end

end

% Calculos geoestroficos (stream function e correntes)
p_ref = 1500; % Valor forçado a 1500mt
geo_strf_dyn_height = ...
gsw_geo_strf_dyn_height(SALINIT(:,3:end)',INSITU(:,3:end)',p_rev,p_ref
);

% Primeiro ajuste latitude/longitude
long_temp = zeros(102,size(dados_1(:,2),1));
lat_temp = zeros(102,size(dados_1(:,1),1));

for i = 1:102

long_temp(i,:) = dados_1(:,2)';
lat_temp(i,:) = dados_1(:,1)';

end

```

```

        % Verifica se perfil latitude ou longitude
        [geostrophic_velocity,~,~] = ...
        gsw_geostrophic_velocity(geo_strf_dyn_height,long_temp,lat_temp,p_ref)
        ;

        geostrophic_velocity_NS    = geostrophic_velocity';
        geostrophic_velocity_EW    = -geostrophic_velocity';

        % Outros ajustes
        geostrophic_velocity_NS(:,58:102) = 0;% Coloca a zeros abaixo do nivel
        geostrophic_velocity_NS(end+1,:) = 0;% Linha de zeros para acertar

        geostrophic_velocity_EW(:,58:102) = 0;% Coloca a zeros abaixo do nivel
        geostrophic_velocity_EW(end+1,:) = 0;% Linha de zeros para acertar

        % Informacao da profundidade
        item = get(handles.prof,'Value');
        prof = ws.prof;
        p_ref = str2num(prof{item});

        % Filtrar resultados por pressao escolhida
        [pos,~] = find(IMMER == p_ref);

        VEL_GEO_NS = ...
        horzcat([dados_1(:,1),dados_1(:,2)],geostrophic_velocity_NS(:,pos));
        VEL_GEO_EW = ...
        horzcat([dados_1(:,1),dados_1(:,2)],geostrophic_velocity_EW(:,pos));

        % Guardar dados
        ws.VEL_GEO_NS = VEL_GEO_NS;
        ws.VEL_GEO_EW = VEL_GEO_EW;

    end

end

% Activar outros campos
set(handles.Menu_4,'Enable','On');

% Limpeza variaveis
clear ws
clear dados_1 dados_2 imersoes nr_imm IMMER p_ref P...
        INSITU_av INSITU_DP INSITU_max INSITU_min ...
        SALINIT_av SALINIT_DP SALINIT_max SALINIT_min...
        DEN_av DEN_DP DEN_max DEN_min...
        VEL_av VEL_DP VEL_max VEL_min

```

Apêndice I - Código Matlab para a função de filtragem de dados

```
function [filtrado_1,filtrado_2] =  
dados_filtrar_1(dados_1,dados_2,lat_min,lat_max,long_min,long_max)
```

Filtragem para Plots 2D (Perfis)

```
% Filtrar Dados  
filtrado_1 = dados_1(dados_1(:,1) >= lat_min & dados_1(:, 1), ...  
    <= lat_max, :);  
filtrado_2 = dados_2(dados_2(:,1) >= lat_min & dados_2(:, 1), ...  
    <= lat_max, :);  
filtrado_1 = filtrado_1(filtrado_1(:,2) >= long_min & ,...  
    filtrado_1(:, 2) <= long_max, :);  
filtrado_2 = filtrado_2(filtrado_2(:,2) >= long_min & ,...  
    filtrado_2(:, 2) <= long_max, :);
```

```
function [filtrado_1,filtrado_2] =  
dados_filtrar_2(dados_1,dados_2,lat,long,opcao)
```

Filtragem para Plots 2D (Perfis Verticais)

```
% Filtra por Latitude e Longitude  
filtrado_1 = dados_1(dados_1(:,1) == lat, :);  
filtrado_2 = dados_2(dados_2(:,1) == lat, :);  
filtrado_1 = filtrado_1(filtrado_1(:,2) == long, :);  
filtrado_2 = filtrado_2(filtrado_2(:,2) == long, :);
```

```
function [filtrado_1,filtrado_2] =  
dados_filtrar_3(dados_1,dados_2,lat_min,lat_max,long_min,long_max,P,op  
cao)
```

Filtragem para Plots Contour

```
% Variaveis  
ws = matfile('workspace.mat','Writable',true);  
imersoes = ws.IMMER;
```

```

switch(opcao)
    case 1
        % Filtra por Latitude
        filtrado_1 = dados_1(dados_1(:,1) == lat_min, :);
        filtrado_2 = dados_2(dados_2(:,1) == lat_min, :);
        filtrado_1 = filtrado_1(filtrado_1(:,2) >= long_min & ,...
        filtrado_1(:, 2)  <= long_max, :);
        filtrado_2 = filtrado_2(filtrado_2(:,2) >= long_min & ...
        filtrado_2(:, 2)  <= long_max, :);

    case 2
        % Filtra por Longitude
        filtrado_1 = dados_1(dados_1(:,2) == long_min, :);
        filtrado_2 = dados_2(dados_2(:,2) == long_min, :);
        filtrado_1 = filtrado_1(filtrado_1(:,1) >= lat_min & ,...
        filtrado_1(:, 1)  <= lat_max, :)
        filtrado_2 = filtrado_2(filtrado_2(:,1) >= lat_min & ,...
        filtrado_2(:, 1)  <= lat_max, :);

    case 3
        % Filtrar Dados para Mapas Imersao
        filtrado_1 = dados_1(dados_1(:,1) >= lat_min & dados_1(:, 1) ,...
        <= lat_max, :);
        filtrado_2 = dados_2(dados_2(:,1) >= lat_min & dados_2(:, 1) ,...
        <= lat_max, :);
        filtrado_1 = filtrado_1(filtrado_1(:,2) >= long_min & ,...
        filtrado_1(:, 2)  <= long_max, :);
        filtrado_2 = filtrado_2(filtrado_2(:,2) >= long_min & ,...
        filtrado_2(:, 2)  <= long_max, :);

        % Isolar colunas de dados
        temp_1 = filtrado_1(:,3:end);
        temp_2 = filtrado_2(:,3:end);
        filtrado_1(:,3) = temp_1(:,find(imersoes == P));
        filtrado_2(:,3) = temp_2(:,find(imersoes == P));
        filtrado_1 = filtrado_1(:,1:3);
        filtrado_2 = filtrado_2(:,1:3);

```

```
case 4
    % Filtrar Dados para Mapas Imersao
    filtrado_1 = dados_1(dados_1(:,1) >= lat_min & dados_1(:, 1) ,...
    <= lat_max, :);
    filtrado_2 = dados_2(dados_2(:,1) >= lat_min & dados_2(:, 1) ,...
    <= lat_max, :);

    filtrado_1 = filtrado_1(filtrado_1(:,2) >= long_min & ,...
    filtrado_1(:, 2) <= long_max, :);
    filtrado_2 = filtrado_2(filtrado_2(:,2) >= long_min & ,...
    filtrado_2(:, 2) <= long_max, :);

end
```

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice J - Código Matlab para a formatação do local

```
function lat_1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

function long_1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

function lat_2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

function long_2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
function lat_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

FUNCAO: Entrada dados: Latitude (min)

```
% Variaveis
ws = matfile('workspace.mat','Writable',true);

% Verifica o status dos dados
if ws.status_D
    % Obter dado inserido
    lat_min = round(str2double(get(handles.lat_1,'String'))*10)/10;
    lat_max = round(str2double(get(handles.lat_2,'String'))*10)/10;

    % Verificar se e consistente (max/min)
    if lat_min > lat_max
        lat_max = lat_min;
    end

    % Forcar valor inteiro
    set(handles.lat_1, 'string', lat_min);
    set(handles.lat_2, 'string', lat_max);

    % Actualiza se aplicavel
    update_plot(hObject, handles, 1);
    if get(handles.menu_1,'Value') ~= 21 && ,...
        get(handles.menu_1,'Value') ~= 22
        update_plot(hObject, handles, 2);
    end
```

```
% Limpeza variaveis
clear lat_max lat_min

else
    % Informacao para utilizador
    commandwindow;
    disp(' ');
    disp('Aviso: Nao existem dados carregados. ');
    disp(' ');
end

% Limpeza variaveis (adicionais)
clear ws
```

```
function lat_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

FUNCAO: Entrada dados: Latitude (max)

```
% Variaveis
ws = matfile('workspace.mat','Writable',true);

% Verifica o status dos dados
if ws.status_D
    % Obter dado inserido
    lat_min = round(str2double(get(handles.lat_1,'String'))*10)/10;
    lat_max = round(str2double(get(handles.lat_2,'String'))*10)/10;

    % Verificar se e consistente (max/min)
    if lat_max < lat_min
        lat_min = lat_max;
    end

    % Forcar valor inteiro
    set(handles.lat_1, 'string', lat_min);
    set(handles.lat_2, 'string', lat_max);

    % Actualiza se aplicavel
```

```
update_plot(hObject, handles, 1);
if get(handles.menu_1,'Value') ~= 21 && ,...
    get(handles.menu_1,'Value') ~= 22
    update_plot(hObject, handles, 2);
end

% Limpeza variaveis
clear lat_max lat_min
else

% Informacao para utilizador
commandwindow;
disp(' ');
disp('Aviso: Nao existem dados carregados. ');
disp(' ');
end

% Limpeza variaveis (adicionais)
clear ws
```

```
function long_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

FUNCAO: Entrada dados: Longitude (min)

```
% Variaveis
ws = matfile('workspace.mat','Writable',true);

% Verifica o status dos dados
if ws.status_D
    % Obter dado inserido
    long_min = round(str2double(get(handles.long_1,'String'))*10)/10;
    long_max = round(str2double(get(handles.long_2,'String'))*10)/10;

    % Verificar se e consistente (max/min)
    if long_min > long_max
        long_max = long_min;
```

```
end

% Forcar valor inteiro
set(handles.long_1, 'string', long_min);
set(handles.long_2, 'string', long_max);

% Actualiza se aplicavel
update_plot(hObject, handles, 1);
if get(handles.menu_1, 'Value') ~= 21 && ,...
    get(handles.menu_1, 'Value') ~= 22
    update_plot(hObject, handles, 2);
end

% Limpeza variaveis
clear long_max long_min
else

% Informacao para utilizador
commandwindow;
disp(' ');
disp('Aviso: Nao existem dados carregados. ');
disp(' ');
end

% Limpeza variaveis (adicionais)
clear ws
```

```
function long_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

FUNCAO: Entrada dados: Longitude (max)

```
% Variaveis
ws = matfile('workspace.mat', 'Writable', true);
% Verifica o status dos dados
if ws.status_D

% Obter dado inserido
long_min = round(str2double(get(handles.long_1, 'String'))*10)/10;
```

```
long_max = round(str2double(get(handles.long_2, 'String'))*10)/10;

% Verificar se e consistente (max/min)
if long_max < long_min
    long_min = long_max;
end

% Forcar valor inteiro
set(handles.long_1, 'string', long_min);
set(handles.long_2, 'string', long_max);

% Actualiza se aplicavel
update_plot(hObject, handles, 1);
if get(handles.menu_1, 'Value') ~= 21 && ,...
    get(handles.menu_1, 'Value') ~= 22
    update_plot(hObject, handles, 2);
end

% Limpeza variaveis
clear long_max long_min
else

% Informacao para utilizador
commandwindow;
disp(' ');
disp('Aviso: Nao existem dados carregados. ');
disp(' ');
end

% Limpeza variaveis (adicionais)
clear ws
```

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice K - Código Matlab para a formatação da barra de menus

```
function Menu_1_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Link para NOAA
web('https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13/woa13data.html')
```

```
function Menu_1_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Capturar coordenadas
lat = get(handles.lat_1, 'String');
long = get(handles.long_1, 'String');

% Localizacao
site = 'https://www.google.pt/maps/@';
local = strcat(lat, ',', long);
link = strcat(site, local);

% Link directo para Google Earth
web(link);

% Limpar variaveis
clear lat_min lat_max long_min long_max
```

```
function Menu_1_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Fecha a figura
close('oceanGUI');
```

```
function Menu_2_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

FUNCAO: Exportacao de Dados

```
% Variaveis
ws = matfile('workspace.mat', 'Writable', true);

% Apresentacao de dados (se disponiveis)
if ws.status_D == 1
    % Dados auxiliares
    data = num2str(floor(now));
    hora = num2str(datestr(now));
    nome_1 = ['Output-1-'];
    %nome_1 = ['Output-1-', hora];
    nome_2 = ['Output-2-'];
```

```

%nome_2 = ['Output-2-',hora];

% Solicitar input utilizador
opcao_exp = '.XLS';

% Rotina para exportacao, com base na opcao seleccionada
switch(opcao_exp)
    case '.XLS'      % Exporta para XLS
        pasta = [pwd, '/Output_XLS/'];
        writetable(ws.tabela, [pasta, nome_1, '.xls']);
        tipo_1 = get(handles.menu_1, 'Value');
        tipo_2 = get(handles.menu_1, 'Value');

        if ismember(tipo_1, 21:24) || ismember(tipo_2, 21:24)
            % Grava a segunda tabela
            writetable(ws.tabela_temp, [pasta, nome_2, '.xls']);
        end

    case '.CSV'      % Exporta para CSV
        pasta = [pwd, '/Output_CSV/'];
        writetable(ws.tabela, [pasta, nome_1, '.csv']);
        tipo_1 = get(handles.menu_1, 'Value');
        tipo_2 = get(handles.menu_1, 'Value');

        if ismember(tipo_1, 21:24) || ismember(tipo_2, 21:24)
            % Grava a segunda tabela
            writetable(ws.tabela_temp, [pasta, nome_2, '.csv']);
        end

    otherwise, disp('Erro na seleccao!');      % Mensagem Erro
end

% Informacao para utilizador
disp(' ');
disp('Dados exportados com sucesso');
disp(' ');

else

```



```

commandview;

disp('Nao existem dados carregados');

end

```

```

function Menu_2_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
function Menu_2_4_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Abrir localizacao predefinida: Atlantico Norte Subtropical
% Valores predefinidos
lat_min = '23.5';
lat_max = '46.5';
long_min = '-80.5';
long_max = '-5.5';

% Coloca os campos indicados
set(handles.lat_1, 'String', lat_min);
set(handles.lat_2, 'String', lat_max);
set(handles.long_1, 'String', long_min);
set(handles.long_2, 'String', long_max);

% Actualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
update_plot(hObject, handles, 2);

function Menu_2_4_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Abrir localizacao predefinida: Atlantico Norte Subpolar
% Valores predefinidos
lat_min = '46.5';
lat_max = '65.5';
long_min = '-57.5';
long_max = '7.5';

% Coloca os campos indicados
set(handles.lat_1, 'String', lat_min);
set(handles.lat_2, 'String', lat_max);
set(handles.long_1, 'String', long_min);
set(handles.long_2, 'String', long_max);

% Actualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
update_plot(hObject, handles, 2);

function Menu_2_4_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Abrir localizacao predefinida: Atlantico Nordeste/Portugal
% Valores predefinidos
lat_min = '29.5';
lat_max = '44.5';
long_min = '-35.5';
long_max = '6.5';

% Coloca os campos indicados
set(handles.lat_1, 'String', lat_min);
set(handles.lat_2, 'String', lat_max);
set(handles.long_1, 'String', long_min);

```

```

set(handles.long_2,'String',long_max);

% Atualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
update_plot(hObject, handles, 2);

function Menu_2_4_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Abrir localizacao predefinida: Atlantico Noroeste/EUA
% Valores predefinidos
lat_min = '22.5';
lat_max = '45.5';
long_min = '-75.5';
long_max = '-35.5';

% Coloca os campos indicados
set(handles.lat_1,'String',lat_min);
set(handles.lat_2,'String',lat_max);
set(handles.long_1,'String',long_min);
set(handles.long_2,'String',long_max);

% Atualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
update_plot(hObject, handles, 2);

function Menu_2_4_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Abrir localizacao predefinida: Indico Norte
% Valores predefinidos
lat_min = '5.5';
lat_max = '23.5';
long_min = '42.5';
long_max = '100.5';

% Coloca os campos indicados
set(handles.lat_1,'String',lat_min);
set(handles.lat_2,'String',lat_max);
set(handles.long_1,'String',long_min);
set(handles.long_2,'String',long_max);

% Atualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
update_plot(hObject, handles, 2);

function Menu_2_4_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Abrir localizacao predefinida: Africa do Sul
% Valores predefinidos
lat_min = '41.5';
lat_max = '-25.5';
long_min = '9.5';
long_max = '41.5';

% Coloca os campos indicados
set(handles.lat_1,'String',lat_min);
set(handles.lat_2,'String',lat_max);
set(handles.long_1,'String',long_min);
set(handles.long_2,'String',long_max);

% Atualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);

```

```
update_plot(hObject, handles, 2);

function Menu_2_4_7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Abrir localizacao predefinida: Passagem de Drake/Antartica
% Valores predefinidos
lat_min = '-67.5';
lat_max = '-53.5';
long_min = '-82.5';
long_max = '-27.5';

% Coloca os campos indicados
set(handles.lat_1, 'String', lat_min);
set(handles.lat_2, 'String', lat_max);
set(handles.long_1, 'String', long_min);
set(handles.long_2, 'String', long_max);

% Actualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
update_plot(hObject, handles, 2);

function Menu_2_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Variaveis
ws = matfile('workspace.mat', 'Writable', true);
% Verifica se modo automatico ligado (arranque)
if ws.status_U
    ws.status_U = 0;
    set(handles.Menu_2_5, 'Checked', 'Off');
else
    ws.status_U = 1;
    set(handles.Menu_2_5, 'Checked', 'On');
end
```

```
function Menu_3_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

FUNCAO: Mostrar tabela de dados

```
% Variaveis
ws = matfile('workspace.mat', 'Writable', true);

% Filtrar & calcular dados
dados_temp_1 = ws.dados_1;
dados_temp_2 = ws.dados_2;

lat_min = round(str2double(get(handles.lat_1, 'String'))*10)/10;
lat_max = round(str2double(get(handles.lat_2, 'String'))*10)/10;
```

```
long_min = round(str2double(get(handles.long_1, 'String'))*10)/10;
long_max = round(str2double(get(handles.long_2, 'String'))*10)/10;

[dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_1(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,lat_max,long_min,long_max);
dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1, dados_temp_2, 1);

% Formatacao
format longG;

% Apresentacao de dados (se disponiveis)
if ws.status_D
    % Construir cabecalhos para projecto
    tabela = ws.tabela;

    % Limpeza
    clc;
    commandwindow;

    % Titulo principal e Tabela
    disp(' ');
    disp('APRESENTACAO DE DADOS');
    disp(' ');
    disp('-----');
    disp(' ');
    disp(['Dados Temperatura:      ',ws.ensaio_1]);
    disp(['Dados Salinidade:      ',ws.ensaio_2]);
    disp(' ');
    disp('-----');
    disp(' ');
    disp(tabela(:,1:9));
    disp(tabela(:, [1,10:17]));
    %disp(tabela(:, [1,18:21]));
    %disp(tabela(:, [1,22:26]));
    disp(' ');
else
```

```
disp('Nao existem dados carregados');  
end
```

```
function Menu_3_2_Callback(hObject, eventdata, handles)  
% Limpeza historico  
commandwindow;  
clc;
```

```
function Menu_4_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Graficos de perfil

```
% Colocacao valores predefinidos  
lat_min = '29';  
lat_max = '45';  
long_min = '-36';  
long_max = '-6';  
  
% Actualizacao  
set(handles.lat_1, 'string', lat_min);  
set(handles.lat_2, 'string', lat_max);  
set(handles.long_1, 'string', long_min);  
set(handles.long_2, 'string', long_max);  
  
% Predefinir graficos a apresentar  
set(handles.menu_1, 'value', 1);  
set(handles.menu_2, 'value', 2);  
  
% Actualizar plots  
update_plot(hObject, handles, 1);  
update_plot(hObject, handles, 2);  
function Menu_4_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Graficos de perfil

```
% Colocacao valores predefinidos
```

```
local = [ 31.5 31.5 31.5 31.5 35.5 35.5 35.5 35.5 39.5 39.5 39.5 39.5  
43.5 43.5 43.5 43.5;-11.5 -19.5 -27.5 -35.5 -11.5 -19.5 -27.5 -35.5 -  
11.5 -19.5 -27.5 -35.5 -11.5 -19.5 -27.5 -35.5];  
local = local';  
  
% Auxiliares  
mode = 'single';  
quest = 'Seleccione as coordenadas: ';  
lista = num2str(local);  
  
% Filtragem e calculo  
P =  
listdlg('PromptString',quest,'SelectionMode',mode,'ListString',lista);  
  
% Actualizacao  
set(handles.lat_1, 'string', local(P,1));  
set(handles.lat_2, 'string', 0);  
set(handles.long_1, 'string', local(P,2));  
set(handles.long_2, 'string', 0);  
  
% Predefinir graficos a apresentar  
set(handles.menu_1, 'value', 5);  
set(handles.menu_2, 'value', 6);  
  
% Actualizar plots  
update_plot(hObject, handles, 1);  
update_plot(hObject, handles, 2);  
  
% Limpeza variaveis  
clear local mode quest lista P  
function Menu_4_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Graficos de perfil

```
% Colocacao valores predefinidos  
lat_min = '29';  
lat_max = '45';  
long_min = '-36';  
long_max = '-6';  
set(handles.prof, 'Value', 1);
```

```
% Actualizacao
set(handles.lat_1, 'string', lat_min);
set(handles.lat_2, 'string', lat_max);
set(handles.long_1, 'string', long_min);
set(handles.long_2, 'string', long_max);

% Predefinir graficos a apresentar
set(handles.menu_1, 'value', 9);
set(handles.menu_2, 'value', 10);

% Actualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
update_plot(hObject, handles, 2);

function Menu_4_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Seccoes verticais por Latitude fixa

```
% Colocacao valores predefinidos
lat = [ 31.5 35.5 39.5 43.5];
lat = lat';

% Colocacao valores predefinidos
%lat_min = 0;
lat_max = '0';
long_min = '-36';
long_max = '-6';

% Auxiliares
mode = 'single';
quest = 'Seleccione a latitude: ';
lista = num2str(lat);

% Filtragem e calculo
P =
listdlg('PromptString',quest,'SelectionMode',mode,'ListString',lista);

% Actualizacao
```

```
set(handles.lat_1, 'string', lat(P));
set(handles.lat_2, 'string', lat_max);
set(handles.long_1, 'string', long_min);
set(handles.long_2, 'string', long_max);

% Predefinir graficos a apresentar
set(handles.menu_1, 'value', 13);
set(handles.menu_2, 'value', 14);

% Actualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
update_plot(hObject, handles, 2);

function Menu_4_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Seccoes verticais por Longitude fixa

```
% Colocacao valores predefinidos
long = [ -11.5 -19.5 -27.5 -35.5];
long = long';

% Colocacao valores predefinidos
lat_min = '29';
lat_max = '45';
%long_min = '0';
long_max = '0';

% Auxiliares
mode = 'single';
quest = 'Seleccione a longitude: ';
lista = num2str(long);

% Filtragem e calculo
P =
listdlg('PromptString',quest,'SelectionMode',mode,'ListString',lista);

% Actualizacao
set(handles.lat_1, 'string', lat_min);
set(handles.lat_2, 'string', lat_max);
```



```
set(handles.long_1, 'string', long(P));
set(handles.long_2, 'string', long_max);

% Predefinir graficos a apresentar
set(handles.menu_1, 'value', 17);
set(handles.menu_2, 'value', 18);

% Actualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
update_plot(hObject, handles, 2);
function Menu_4_6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% Colocacao valores predefinidos
lat = [ 30.5 37.5 44.5];
lat = lat';

% Colocacao valores predefinidos
%lat_min = 0;
lat_max = '0';
long_min = '-36';
long_max = '-6';

% Auxiliares
mode = 'single';
quest = 'Seleccione a latitude: ';
lista = num2str(lat);

% Filtragem e calculo
P =
listdlg('PromptString',quest,'SelectionMode',mode,'ListString',lista);

% Actualizacao
set(handles.lat_1, 'string', lat(P));
set(handles.lat_2, 'string', lat_max);
set(handles.long_1, 'string', long_min);
set(handles.long_2, 'string', long_max);
```

```
% Predefinir graficos a apresentar
set(handles.menu_1, 'value', 21);
set(handles.menu_2, 'value', 21);

% Actualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);

% Inibe o plot 2
axes(handles.axes2);
cla('reset'); hold on; grid on;
plot([0 1],[0 1], 'Color', [0.4,0.4,0.4]);
plot([0 1],[1 0], 'Color', [0.4,0.4,0.4]);
function Menu_4_7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% Colocacao valores predefinidos
long = [ -11.5 -19.5 -27.5 -35.5];
long = long';

% Colocacao valores predefinidos
lat_min = '29';
lat_max = '45';
%long_min = '0';
long_max = '0';

% Auxiliares
mode = 'single';
quest = 'Seleccione a longitude: ';
lista = num2str(long);

% Filtragem e calculo
P =
listdlg('PromptString',quest,'SelectionMode',mode,'ListString',lista);

% Actualizacao
set(handles.lat_1, 'string', lat_min);
set(handles.lat_2, 'string', lat_max);
set(handles.long_1, 'string', long(P));
set(handles.long_2, 'string', long_max);
```

```
% Predefinir graficos a apresentar
set(handles.menu_1, 'value', 22);
set(handles.menu_2, 'value', 22);

% Actualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);

% Inibe o plot 2
axes(handles.axes2);
cla('reset'); hold on; grid on;
plot([0 1],[0 1], 'Color', [0.4,0.4,0.4]);
plot([0 1],[1 0], 'Color', [0.4,0.4,0.4]);

function Menu_4_8_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Graficos de perfil

```
% Colocacao valores predefinidos
lat_min  = '29';
lat_max  = '45';
long_min = '-36';
long_max = '-6';
set(handles.prof, 'Value', 1);

% Actualizacao
set(handles.lat_1, 'string', lat_min);
set(handles.lat_2, 'string', lat_max);
set(handles.long_1, 'string', long_min);
set(handles.long_2, 'string', long_max);

% Predefinir graficos a apresentar
set(handles.menu_1, 'value', 23);
set(handles.menu_2, 'value', 24);

% Actualizar plots
update_plot(hObject, handles, 1);
```

```
update_plot(hObject, handles, 2);
```


Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice M - Código Matlab para atualização de gráficos

```
function update_plot(hObject, handles, axis)
```

FUNCAO: Atualizar Plots

```
% Variaveis
ws = matfile('workspace.mat','Writable',true);
tabela_temp = ws.tabela;

% Predefinicoes dos Plots
plot_width = 2.5;
plot_line = '-';
color_1 = [0.0,0.4,1.0];
color_2 = [1.0,0.6,0.0];
color_3 = [0.4,0.4,0.4];
Menu_plot = uicontextmenu;
top_menu = uimenu('Parent',Menu_plot,'Label','Menu');

% Obter dado inserido
lat_min = round(str2double(get(handles.lat_1,'String'))*10)/10;
lat_max = round(str2double(get(handles.lat_2,'String'))*10)/10;
long_min = round(str2double(get(handles.long_1,'String'))*10)/10;
long_max = round(str2double(get(handles.long_2,'String'))*10)/10;

% Auxiliares
%{
% Lista Ensaios
```

```
1 'Perfis Temperatura'
2 'Perfis Salinidade'
3 'Perfis Densidade'
4 'Perfis Velocidades'
5 'Vertical Temperatura'
6 'Vertical Salinidade'
7 'Vertical Densidade'
8 'Vertical Velocidade'
9 'Mapas Temperatura'
```

```
10 'Mapas Salinidade'
11 'Mapas Densidade'
12 'Mapas Velocidade'
13 'Seccoes Lat Temperatura'
14 'Seccoes Lat Salinidade'
15 'Seccoes Lat Densidade'
16 'Seccoes Lat Velocidade'
17 'Seccoes Long Temperatura'
18 'Seccoes Long Salinidade'
19 'Seccoes Long Densidade'
20 'Seccoes Long Velocidade'
21 'Correntes N/S'
22 'Correntes E/W'
%}

% Selecciona o plot
switch(axis)
    case 1
        axes(handles.axes1);
        tipo = get(handles.menu_1,'Value');
    case 2
        axes(handles.axes2);
        tipo = get(handles.menu_2,'Value');
end

% Recupera dados originais (para filtrar)
dados_temp_1 = ws.dados_1;
dados_temp_2 = ws.dados_2;

% Filtragem de valores
if ismember(tipo,1:4)
    % Desactiva/activa campos
    set(handles.prof,'Enable','Off');

    % Calculos para Perfis
    [dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_1(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,lat_max,long_min,long_max);
```



```
dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1,dados_temp_2,1);

elseif ismember(tipo,5:8)
    % Desactiva/activa campos
    set(handles.prof,'Enable','Off');

    % Calculos para Verticais
    [dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_2(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,long_min);
    dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1, dados_temp_2, 1);

elseif ismember(tipo,9:12)
    % Desactiva/activa campos
    set(handles.prof,'Enable','On');

    % Calculos para Mapas
    item = get(handles.prof,'Value');
    prof = ws.prof;
    P     = str2num(prof{item});
    [dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_3(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,lat_max,long_min,lon
g_max,P,3);
    dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1, dados_temp_2, 2);

elseif ismember(tipo,13:16)
    % Desactiva/activa campos
    set(handles.prof,'Enable','Off');

    % Calculos para Seccoes Latitude
    [dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_3(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,lat_max,long_min,lon
g_max,0,1);
    dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1, dados_temp_2, 1);

elseif ismember(tipo,17:20)
    % Desactiva/activa campos
    set(handles.prof,'Enable','Off');
```

```
% Calculos para Seccoes Longitude
[dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_3(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,lat_max,long_min,lon
g_max,0,2);
dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1, dados_temp_2, 1);

elseif ismember(tipo,21)
    % Desactiva/activa campos
    set(handles.prof,'Enable','Off');

    % Calculos para Correntes por Latitude
    [dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_3(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,lat_max,long_min,lon
g_max,0,1);
dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1, dados_temp_2, 3);

elseif ismember(tipo,22)
    % Desactiva/activa campos
    set(handles.prof,'Enable','Off');

    % Calculos para Correntes por Longitude
    [dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_3(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,lat_max,long_min,lon
g_max,0,2);
dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1, dados_temp_2, 3);

elseif ismember(tipo,23)
    % Primeira filtragem (sem filtrar profundidade)
    [dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_3(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,lat_max,long_min,lon
g_max,0,4);

    % Desactiva/activa campos
    set(handles.prof,'Enable','On');

    % Calculos para Mapas
    item = get(handles.prof,'Value');
    prof = ws.prof;
```

```
P      = str2num(prof{item});
IMMER  = ws.IMMER;
[pos,~] = find(IMMER == P);

% Calculos para Correntes por Latitude (em ciclo)
lat_range = unique(dados_temp_1(:,1))';
long_range = unique(dados_temp_1(:,2))';

% Layer base
layer      = zeros(numel(long_range),104);
layer(:,2)  = long_range;
layer(:,3:end) = NaN;

% Calcula o layer para a dada latitude
for i = 1:numel(lat_range)
    % Backup Dados
    dados_1_back = dados_temp_1;
    dados_2_back = dados_temp_2;

    % Nova filtragem
    dados_temp_1 = dados_temp_1(dados_temp_1(:,1) == lat_range(i), :);
    dados_temp_2 = dados_temp_2(dados_temp_2(:,1) == lat_range(i), :);

    % Ajuste layer
    layer(:,1) = lat_range(i);

    % Calcular dados
    dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1, dados_temp_2, 3);

    % Repoe dados
    dados_temp_1 = dados_1_back;
    dados_temp_2 = dados_2_back;

    % Upload valor layer latitude
    VEL_temp = ws.VEL_GEO;

    % Preencher layer com valores
    for j = 1:numel(long_range)
```

```

        if ismember(long_range(j),VEL_temp(:,2))
            layer(j,3:end) = VEL_temp(VEL_temp(:,2) ==
long_range(j),3:end);
        else
            layer(j,3:end) = NaN;
        end
    end

    % Armazenar layer
    VEL_GEO_NS_P = layer(:, [1,2,pos+2]);

    % Retira "fatia" para profundidade pretendida
    if i == 1
        VEL_GEO_NS = VEL_GEO_NS_P;
    else
        VEL_GEO_NS = vertcat(VEL_GEO_NS,VEL_GEO_NS_P);
    end
end

% Guardar dados
ws.VEL_GEO_NS = VEL_GEO_NS;
elseif ismember(tipo,24)
    % Primeira filtragem (sem filtrar profundidade)
    [dados_temp_1,dados_temp_2] = ,...
dados_filtrar_3(dados_temp_1,dados_temp_2,lat_min,lat_max,long_min,lon
g_max,0,4);

    % Desactiva/activa campos
    set(handles.prof,'Enable','On');

    % Calculos para Mapas
    item = get(handles.prof,'Value');
    prof = ws.prof;
    P = str2num(prof{item});
    IMMER = ws.IMMER;
    [pos,~] = find(IMMER == P);

    % Calculos para Correntes por Latitude (em ciclo)
    lat_range = unique(dados_temp_1(:,1))';
    long_range = unique(dados_temp_1(:,2))';

```

```

% Layer base
layer          = zeros(numel(lat_range),104);
layer(:,1)     = lat_range;
layer(:,3:end) = NaN;

% Calcula o layer para a dada longitude
for i = 1:numel(long_range)
    % Backup Dados
    dados_1_back = dados_temp_1;
    dados_2_back = dados_temp_2;

    % Nova filtragem
    dados_temp_1 = dados_temp_1(dados_temp_1(:,2) == ,...
    long_range(i), :);
    dados_temp_2 = dados_temp_2(dados_temp_2(:,2) == ,...
    long_range(i), :);

    % Ajuste layer
    layer(:,2) = long_range(i);

    % Calcular dados
    dados_calc(hObject, handles, dados_temp_1, dados_temp_2, 3);

    % Repoe dados
    dados_temp_1 = dados_1_back;
    dados_temp_2 = dados_2_back;
    % Upload valor layer latitude
    VEL_temp = ws.VEL_GEO;

    % Preencher layer com valores
    for j = 1:numel(lat_range)
        if ismember(lat_range(j),VEL_temp(:,1))
            layer(j,3:end) = VEL_temp(VEL_temp(:,1) == ,...
            lat_range(j),3:end);
        else
            layer(j,3:end) = NaN;
        end
    end
end

```

```

        end
    end

    % Armazenar layer
    VEL_GEO_EW_P = layer(:, [1, 2, pos+2]);

    % Retira "fatia" para profundidade pretendida
    if i == 1
        VEL_GEO_EW = VEL_GEO_EW_P;
    else
        VEL_GEO_EW = vertcat(VEL_GEO_EW, VEL_GEO_EW_P);
    end
end

% Guardar dados
ws.VEL_GEO_EW = VEL_GEO_EW;
end

% Limpeza
hold off; grid off;

cla;
cla('reset');

% Settings adicionais
if ismember(tipo, [9:12])
    % Variaveis auxiliares
    color_c = [1 0 0; 0 1 0; 0 0 1];

    % Settings adicionais
    pcolor(color_c);
end

% Variaveis temporarias/suporte
lat_temp = [str2double(get(handles.lat_1, 'String'))
str2double(get(handles.lat_2, 'String'))];
long_temp = [str2double(get(handles.long_1, 'String'))
str2double(get(handles.long_2, 'String'))];

% Selecciona o plot

```

```

switch(tipo)
    % Case 1-4: Perfis de Imersao -----
    case 1
        % Preparacao Plots
        hold on; grid on;
        % Variaveis plotagem
        x_plot    = tabela_temp.IMMER;
        y_plot_1 = tabela_temp.INSITU_av;
        y_plot_2 = tabela_temp.INSITU_max;
        y_plot_3 = tabela_temp.INSITU_min;

        % Plotagem
        p1 = plot(y_plot_1,smooth(x_plot,'moving'));
        p2 = plot(y_plot_2,smooth(x_plot,'moving'));
        p3 = plot(y_plot_3,smooth(x_plot,'moving'));

        % Ajuste plots
        set(gca, 'ydir', 'reverse');
        set(p1,'Color',color_1,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
        set(p2,'Color',color_2,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
        set(p3,'Color',color_3,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);

        legend('Media','Maxima','Minima');
        xlabel('Temperatura (°C)');
        ylabel('Profundidade (m)');

    case 2
        % Preparacao Plots
        hold on; grid on;

        % Variaveis plotagem
        x_plot    = tabela_temp.IMMER;
        y_plot_1 = tabela_temp.SALINIT_av;
        y_plot_2 = tabela_temp.SALINIT_max;
        y_plot_3 = tabela_temp.SALINIT_min;

        % Plotagem
        p1 = plot(y_plot_1,smooth(x_plot,'moving'));
        p2 = plot(y_plot_2,smooth(x_plot,'moving'));

```

```

p3 = plot(y_plot_3,smooth(x_plot,'moving'));

% Ajuste plots
set(gca, 'ydir', 'reverse');
set(p1, 'Color',color_1,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
set(p2, 'Color',color_2,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
set(p3, 'Color',color_3,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);

legend('Media','Maxima','Minima');
if get(handles.EOS_80,'Value')
    xlabel('Salinidade (ups)');
else
    xlabel('Salinidade (g/Kg)');
end
ylabel('Profundidade (m)');

case 3
    % Preparacao Plots
    hold on; grid on;

    % Variaveis plotagem
    x_plot = tabela_temp.IMMER;
    y_plot_1 = tabela_temp.DEN_av;
    y_plot_2 = tabela_temp.DEN_max;
    y_plot_3 = tabela_temp.DEN_min;

    % Plotagem
    p1 = plot(y_plot_1,smooth(x_plot,'moving'));
    p2 = plot(y_plot_2,smooth(x_plot,'moving'));
    p3 = plot(y_plot_3,smooth(x_plot,'moving'));

    % Ajuste plots
    set(gca, 'ydir', 'reverse');
    set(p1, 'Color',color_1,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
    set(p2, 'Color',color_2,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
    set(p3, 'Color',color_3,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);

    legend('Media','Maxima','Minima');
    xlabel('Densidade (kg/m3)');
    ylabel('Profundidade (m)');

case 4

```



```
% Preparacao Plots
hold on; grid on;

% Variaveis plotagem
x_plot    = tabela_temp.IMMER;
y_plot_1  = tabela_temp.VEL_av;
y_plot_2  = tabela_temp.VEL_max;
y_plot_3  = tabela_temp.VEL_min;

% Plotagem
p1  = plot(y_plot_1,smooth(x_plot,'moving'));
p2  = plot(y_plot_2,smooth(x_plot,'moving'));
p3  = plot(y_plot_3,smooth(x_plot,'moving'));

% Ajuste plots
set(gca, 'ydir', 'reverse');
set(p1, 'Color',color_1,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
set(p2, 'Color',color_2,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
set(p3, 'Color',color_3,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);

legend('Media','Maxima','Minima');

xlabel('Velocidade (m/s)');
ylabel('Profundidade (m)');

% Case 5-8: Perfis verticais -----
case 5

% Preparacao Plots
hold on; grid on;

% Variaveis plotagem
x_plot    = tabela_temp.IMMER;
y_plot_1  = tabela_temp.INSITU_av;

% Plotagem
p1  = plot(y_plot_1,x_plot);

% Ajuste plots
set(gca, 'ydir', 'reverse');
set(p1, 'Color',color_1,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
```

```
xlabel('Temperatura (°C)');
ylabel('Profundidade (m)');

case 6
    % Preparacao Plots
    hold on; grid on;

    % Variaveis plotagem
    x_plot = tabela_temp.IMMER;
    y_plot_1 = tabela_temp.SALINIT_av;

    % Plotagem
    p1 = plot(y_plot_1,x_plot);

    % Ajuste plots
    set(gca, 'ydir', 'reverse');
    set(p1, 'Color', color_1, 'LineWidth', plot_width, 'LineStyle', plot_line);
    if get(handles.EOS_80, 'Value')
        xlabel('Salinidade (ups)');
    else
        xlabel('Salinidade (g/Kg)');
    end
    ylabel('Profundidade (m)');

case 7
    % Preparacao Plots
    hold on; grid on;

    % Variaveis plotagem
    x_plot = tabela_temp.IMMER;
    y_plot_1 = tabela_temp.DEN_av;

    % Plotagem
    p1 = plot(y_plot_1,x_plot);

    % Ajuste plots
    set(gca, 'ydir', 'reverse');
    set(p1, 'Color', color_1, 'LineWidth', plot_width, 'LineStyle', plot_line);
    xlabel('Densidade (kg/m3)');
```

```
ylabel('Profundidade (m)');

case 8
    % Preparacao Plots
    hold on; grid on;

    % Variaveis plotagem
    x_plot    = tabela_temp.IMMER;
    y_plot_1 = tabela_temp.VEL_av;

    % Plotagem
    p1 = plot(y_plot_1,x_plot);

    % Ajuste plots
    set(gca, 'ydir', 'reverse');
    set(p1, 'Color',color_1,'LineWidth',plot_width,'LineStyle',plot_line);
    xlabel('Velocidade (m/s)');
    ylabel('Profundidade (m)');

    % Case 9-12: Mapas de Imersao -----
case 9
    % Variaveis plotagem
    temp_data = ws.INSITU;
    temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3)];
    isolinhasT = [-3:0.5:33];
    temp_data = sortrows(temp_data);

    % Matriz para contornos
    [x_plot,y_plot,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 1);

    % Plotagem
    contourf(x_plot,y_plot,z_plot(:, :, 1),isolinhasT,'ShowText','on');

    % Ajuste plots
    xlabel('Longitude');
    ylabel('Latitude');
```

```
case 10

% Variaveis plotagem
temp_data = ws.SALINIT;
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3)];
isolinhasT = [0:0.1:45];
temp_data = sortrows(temp_data);

% Matriz para contornos
[x_plot,y_plot,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 1);

% Plotagem
contourf(x_plot,y_plot,z_plot(:,:,1),isolinhasT,'ShowText','on');

% Ajuste plots
xlabel('Longitude');
ylabel('Latitude');

case 11

% Variaveis plotagem
temp_data = ws.DEN;
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3)];
isolinhasT = [1025:0.1:1060];
temp_data = sortrows(temp_data);

% Matriz para contornos
[x_plot,y_plot,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 1);

% Plotagem
contourf(x_plot,y_plot,z_plot(:,:,1),isolinhasT,'ShowText','on');

% Ajuste plots
xlabel('Longitude');
ylabel('Latitude');

case 12

% Variaveis plotagem
temp_data = ws.VEL;
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3)];
isolinhasT = [1400:2:1600];
```

```
temp_data = sortrows(temp_data);

% Matriz para contornos
[x_plot,y_plot,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 1);

% Plotagem
contourf(x_plot,y_plot,z_plot(:,:,1),isolinhasT,'ShowText','on');

% Ajuste plots
xlabel('Longitude');
ylabel('Latitude');

% Case 13-16: Seccoes Latitude Fixa -----
case 13
    % Variaveis plotagem
    temp_immer = ws.IMMER;
    temp_data = ws.INSITU;
    temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1)
temp_data(:,3:end)];
    isolinhasT = [-3:1:33];

    % Matriz para contornos
    [x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 2);

    % Plotagem
    contourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

    % Ajuste plots
    xlim([long_temp(1) long_temp(2)]);
    set(gca, 'ydir', 'reverse');
    xlabel('Longitude');
    ylabel('Profundidade (m)');

case 14
    % Variaveis plotagem
    temp_immer = ws.IMMER;
    temp_data = ws.SALINIT;
```

```
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1)
temp_data(:,3:end)];

isolinhasT = [0:0.2:45];

% Matriz para contornos
[x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 2);

% Plotagem
contourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

% Ajuste plots
xlim([long_temp(1) long_temp(2)]);
set(gca, 'ydir', 'reverse');
xlabel('Longitude');
ylabel('Profundidade (m)');

case 15
% Variaveis plotagem
temp_immer = ws.IMMER;
temp_data = ws.DEN;
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1)
temp_data(:,3:end)];
isolinhasT = [1020:1:1050];

% Matriz para contornos
[x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 2);

% Plotagem
contourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

% Ajuste plots
xlim([long_temp(1) long_temp(2)]);
set(gca, 'ydir', 'reverse');
xlabel('Longitude');
ylabel('Profundidade (m)');

case 16
% Variaveis plotagem
temp_immer = ws.IMMER;
```

```

temp_data = ws.VEL;
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1)
temp_data(:,3:end)];
isolinhasT = [1400:2:1600];

% Matriz para contornos
[x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 2);

% Plotagem
contourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

% Ajuste plots
xlim([long_temp(1) long_temp(2)]);
set(gca, 'ydir', 'reverse');
xlabel('Longitude');
ylabel('Profundidade (m)');

% Case 17-20: Seccoes Longitude Fixa -----
case 17
    % Variaveis plotagem
    temp_immer = ws.IMMER;
    temp_data = ws.INSITU;
    temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1)
temp_data(:,3:end)];
    isolinhasT = [-3:1:33];

    % Matriz para contornos
    [x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 3);

    % Plotagem
    contourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

    % Ajuste plots
    xlim([lat_temp(1) lat_temp(2)]);
    set(gca, 'ydir', 'reverse');
    xlabel('Latitude');
    ylabel('Profundidade (m)');

```

```
case 18

    % Variaveis plotagem
    temp_immer = ws.IMMER;
    temp_data = ws.SALINIT;
    temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1)
temp_data(:,3:end)];
    isolinhasT = [0:0.2:45];

    % Matriz para contornos
    [x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 3);

    % Plotagem
    contourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

    % Ajuste plots
    xlim([lat_temp(1) lat_temp(2)]);
    set(gca, 'ydir', 'reverse');
    xlabel('Latitude');
    ylabel('Profundidade (m)');

case 19

    % Variaveis plotagem
    temp_immer = ws.IMMER;
    temp_data = ws.DEN;
    temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1)
temp_data(:,3:end)];
    isolinhasT = [1020:1:1050];

    % Matriz para contornos
    [x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 3);

    % Plotagem
    ontourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

    % Ajuste plots
    xlim([lat_temp(1) lat_temp(2)]);
    set(gca, 'ydir', 'reverse');
    xlabel('Latitude');
```



```

        ylabel('Profundidade (m)');

case 20
    % Variaveis plotagem
    temp_immer = ws.IMMER;
    temp_data = ws.VEL;
    temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1)
temp_data(:,3:end)];
    isolinhasT = [1400:2:1600];
    % Matriz para contornos
    [x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 3);

    % Plotagem
    contourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

    % Ajuste plots
    xlim([lat_temp(1) lat_temp(2)]);
    set(gca, 'ydir', 'reverse')
    xlabel('Latitude');
    ylabel('Profundidade (m)');

% Case 21: Correntes por Latitude -----
case 21
    % Variaveis plotagem
    temp_immer = ws.IMMER;
    temp_immer = temp_immer(1:57);
    temp_data = ws.VEL_GEO;
    temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1)
temp_data(:,3:59)];
    isolinhasT = [-0.06:0.02:0.06];

    % Matriz para contornos
    [x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 2);

    % Plotagem
    contourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

```

```

% Ajuste plots
xlim([long_temp(1) long_temp(2)]);
set(gca, 'ydir', 'reverse')
xlabel('Longitude');
ylabel('Profundidade (m)');

% Tabela temporaria
dados_temp = temp_data(:,3:end)';
tabela_temp = table(temp_immer);

% Colunas adicionais
for i = 1:numel(temp_data(:,1))
nova_coluna = ,...
table(dados_temp(:,i), 'VariableNames',...
{matlab.lang.makeValidName(horzcat('Long:', num2str(temp_data(i,1)),...
'W'))});
tabela_temp = [tabela_temp nova_coluna];
end

% Mostrar dados no workspace
clc;
commandwindow;
ws.tabela_temp = tabela_temp;
% Titulo principal e Tabela
disp(' ');
disp('CORRENTES GEOESTROFICAS');
disp(' ');
disp('-----');
disp('-----');
disp(' ');
disp(tabela_temp);
disp(' ');

% Case 22: Correntes por Longitude -----
case 22
% Variaveis plotagem
temp_immer = ws.IMMER;
temp_immer = temp_immer(1:57);

```

```

temp_data = ws.VEL_GEO;
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3:59)];
isolinhasT = [-0.06:0.01:0.06];

% Matriz para contornos
[x_plot,~,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 3);
% Plotagem
contourf(x_plot,temp_immer,z_plot',isolinhasT,'ShowText','on');

% Ajuste plots
xlim([lat_temp(1) lat_temp(2)]);
set(gca, 'ydir', 'reverse')
xlabel('Latitude');
ylabel('Profundidade (m)');

% Tabela temporaria
dados_temp = temp_data(:,3:end)';
tabela_temp = table(temp_immer);

% Colunas adicionais
for i = 1:numel(temp_data(:,1))
nova_coluna = ,...
table(dados_temp(:,i),'VariableNames',{matlab.lang.makeValidName(horzc
at('Lat:',num2str(temp_data(i,2)),'N'))});
tabela_temp = [tabela_temp nova_coluna];
end
% Mostrar dados no workspace
clc;
commandwindow;
ws.tabela_temp = tabela_temp;

% Titulo principal e Tabela
disp(' ');
disp('CORRENTES GEOESTROFICAS');
disp(' ');
disp('-----
-----');

```

```

disp(' ');
disp(tabela_temp);
disp(' ');

% Case 23: Correntes por Imersao N/S -----
case 23
    % Variaveis plotagem
    temp_data = ws.VEL_GEO_NS;
    temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3)];
    isolinhasT = [-0.06:0.02:0.1];

    % Matriz para contornos
    [x_plot,y_plot,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 1);

    % Plotagem
    contourf(x_plot,y_plot,z_plot(:, :,1),isolinhasT,'ShowText','on');

    % Ajuste plots
    xlabel('Longitude');
    ylabel('Latitude');

    % Tabela temporaria
    tabela_temp =,...
    table([temp_data(:,1)], [temp_data(:,2)], [temp_data(:,3)]];
    tabela_temp.Properties.VariableNames = {'Long' 'Lat' 'Corrente_NS'};

    % Variaveis plotagem
    temp_data = ws.VEL_GEO_NS;
    temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3)];

    % Adiciona coluna
    tabela_temp = [tabela_temp table(temp_data(:,3))];
    tabela_temp.Properties.VariableNames = {'Long' 'Lat' 'Corrente_NS',...
    'Corrente_EW'};

    % Mostrar dados no workspace
    clc;
    commandwindow;

```

```

ws.tabela_temp = tabela_temp;

% Titulo principal e Tabela
disp(' ');
disp('CORRENTES GEOESTROFICAS');
disp(' ');
disp('-----');
disp('-----');

disp(' ');
disp(tabela_temp);
disp(' ');

% Case 24: Correntes por Imersao E/W -----
case 24
% Variaveis plotagem
temp_data = ws.VEL_GEO_EW;
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3)];
isolinhasT = [-0.06:0.02:0.1];

% Matriz para contornos
[x_plot,y_plot,z_plot] = matrix_contour(temp_data, 1);

% Plotagem
contourf(x_plot,y_plot,z_plot(:,:,1),isolinhasT,'ShowText','on');

% Ajuste plots
xlabel('Longitude');
ylabel('Latitude');

% Variaveis plotagem
temp_data = ws.VEL_GEO_NS;
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3)];

% Tabela temporaria
tabela_temp = ,...
table([temp_data(:,1)],[temp_data(:,2)],[temp_data(:,3)]);
tabela_temp.Properties.VariableNames = {'Long' 'Lat' 'Corrente_EW'};

```

```

% Variaveis plotagem
temp_data = ws.VEL_GEO_EW;
temp_data = [temp_data(:,2) temp_data(:,1) temp_data(:,3)];

% Adiciona coluna
tabela_temp = [tabela_temp table(temp_data(:,3))];
tabela_temp.Properties.VariableNames = {'Long' 'Lat' ,...
'Corrente_NS' 'Corrente_EW'};

% Mostrar dados no workspace
clc;
commandwindow;
ws.tabela_temp = tabela_temp;
% Titulo principal e Tabela
disp(' ');
disp('CORRENTES GEOESTROFICAS');
disp(' ');
disp('-----');
disp('-----');

disp(' ');
disp(tabela_temp);
disp(' ');

% Outros/para controlo -----
otherwise
    % Ainda nao esta disponivel
    cla('reset'); hold on; grid on;
    plot([0 1],[0 1],'Color',[0.4,0.4,0.4]);
    plot([0 1],[1 0],'Color',[0.4,0.4,0.4]);
    % Imprime mensagem de erro no Plot
    text(0.38,0.5,'NAO DISPONIVEL');
    xlabel('');
    ylabel('');
end

% Outros ajustes
ensaios = ws.ensaios;

```

```

% Titulos
if ismember(tipo,1:4)
    if lat_temp(1) < 0, lat{1} = [num2str(abs(lat_temp(1))), 'S'];
    else lat{1} = [num2str(lat_temp(1)), 'N'];
    end
    if lat_temp(2) < 0, lat{2} = [num2str(abs(lat_temp(2))), 'S'];
    else lat{2} = [num2str(lat_temp(2)), 'N'];
    end
    if long_temp(1) < 0, long{1} = [num2str(abs(long_temp(1))), 'W'];
    else long{1} = [num2str(long_temp(1)), 'E'];
    end
    if long_temp(2) < 0, long{2} = [num2str(abs(long_temp(2))), 'W'];
    else long{2} = [num2str(long_temp(2)), 'E'];
    end

    switch(tipo)
        case 1, title(['Temperatura de ', lat{1}, ' a ', lat{2}, ' e ', ...
            long{1}, ' a ', long{2}]);
        case 2, title(['Salinidade de ', lat{1}, ' a ', lat{2}, ' e ', ...
            long{1}, ' a ', long{2}]);
        case 3, title(['Densidade de ', lat{1}, ' a ', lat{2}, ' e ', ...
            long{1}, ' a ', long{2}]);
        case 4, title(['Velocidade de som de ', lat{1}, ' a ', lat{2}, ...
            ' e ', long{1}, ' a ', long{2}]);
    end

elseif ismember(tipo,5:8)
    if lat_temp(1) < 0, lat{1} = [num2str(abs(lat_temp(1))), 'S'];
    else lat{1} = [num2str(lat_temp(1)), 'N'];
    end
    if long_temp(1) < 0, long{1} = [num2str(abs(long_temp(1))), 'W'];
    else long{1} = [num2str(long_temp(1)), 'E'];
    end

    switch(tipo)
        case 5, title(['Temperatura em ', lat{1}, ' e ', long{1}]);

```

```

        case 6, title(['Salinidade em ',lat{1},' e ',long{1}]);
        case 7, title(['Densidade em ',lat{1},' e ',long{1}]);
        case 8, title(['Velocidade de som em ',lat{1},' e ',long{1}]);
    end

elseif ismember(tipo,9:12)
    if lat_temp(1) < 0, lat{1} = [num2str(abs(lat_temp(1))),'S'];
    else lat{1} = [num2str(lat_temp(1)),'N'];
    end
    if lat_temp(2) < 0, lat{2} = [num2str(abs(lat_temp(2))),'S'];
    else lat{2} = [num2str(lat_temp(2)),'N'];
    end

    if long_temp(1) < 0, long{1} = [num2str(abs(long_temp(1))),'W'];
    else long{1} = [num2str(long_temp(1)),'E'];
    end
    if long_temp(2) < 0, long{2} = [num2str(abs(long_temp(2))),'W'];
    else long{2} = [num2str(long_temp(2)),'E'];
    end

    switch(tipo)
        case 9, title(['Temperatura a ',num2str(P),' m']);
        case 10, title(['Salinidade a ',num2str(P),' m']);
        case 11, title(['Densidade a ',num2str(P),' m']);
        case 12, title(['Velocidade de som a ',num2str(P),' m']);
    end
end

elseif ismember(tipo,13:16)
    if lat_temp(1) < 0, lat{1} = [num2str(abs(lat_temp(1))),'S'];
    else lat{1} = [num2str(lat_temp(1)),'N'];
    end
    if long_temp(1) < 0, long{1} = [num2str(abs(long_temp(1))),'W'];
    else long{1} = [num2str(long_temp(1)),'E'];
    end
    if long_temp(2) < 0, long{2} = [num2str(abs(long_temp(2))),'W'];
    else long{2} = [num2str(long_temp(2)),'E'];
    end
end

```



```
switch(tipo)
    case 13, title(['Temperatura em ',lat{1},' e de ',long{1},...
                  ' a ',long{2}]);
    case 14, title(['Salinidade em ',lat{1},' e de ',long{1},...
                  ' a ',long{2}]);
    case 15, title(['Densidade em ',lat{1},' e de ',long{1},...
                  ' a ',long{2}]);
    case 16, title(['Velocidade de som em ',lat{1},...
                  ' e de ',long{1},' a ',long{2}]);

end

elseif ismember(tipo,17:20)
    if lat_temp(1) < 0, lat{1} = [num2str(abs(lat_temp(1))),'S'];
    else lat{1} = [num2str(lat_temp(1)),'N'];
    end
    if lat_temp(2) < 0, lat{2} = [num2str(abs(lat_temp(2))),'S'];
    else lat{2} = [num2str(lat_temp(2)),'N'];
    end
    if long_temp(1) < 0, long{1} = [num2str(abs(long_temp(1))),'W'];
    else long{1} = [num2str(long_temp(1)),'E'];
    end

    switch(tipo)
        case 17, title(['Temperatura de ',lat{1},' a ',lat{2},...
                      ' e em ',long{1}]);
        case 18, title(['Salinidade de ',lat{1},' a ',lat{2},...
                      ' e em ',long{1}]);
        case 19, title(['Densidade de ',lat{1},' a ',lat{2},...
                      ' e em ',long{1}]);
        case 20, title(['Velocidade de ',lat{1},' a ',lat{2},...
                      ' e em ',long{1}]);

    end

end

elseif ismember(tipo,21)
    if lat_temp(1) < 0, lat{1} = [num2str(abs(lat_temp(1))),'S'];
    else lat{1} = [num2str(lat_temp(1)),'N'];
    end
```

```
if long_temp(1) < 0, long{1} = [num2str(abs(long_temp(1))), 'W'];
else long{1} = [num2str(long_temp(1)), 'E'];
end
if long_temp(2) < 0, long{2} = [num2str(abs(long_temp(2))), 'W'];
else long{2} = [num2str(long_temp(2)), 'E'];
end
title(['Componente N/S na latitude de ', lat{1}]);

elseif ismember(tipo, 22)
    if lat_temp(1) < 0, lat{1} = [num2str(abs(lat_temp(1))), 'S'];
    else lat{1} = [num2str(lat_temp(1)), 'N'];
    end
    if lat_temp(2) < 0, lat{2} = [num2str(abs(lat_temp(2))), 'S'];
    else lat{2} = [num2str(lat_temp(2)), 'N'];
    end
    if long_temp(1) < 0, long{1} = [num2str(abs(long_temp(1))), 'W'];
    else long{1} = [num2str(long_temp(1)), 'E'];
    end
    title(['Componente E/W na longitude de ', long{1}]);

elseif ismember(tipo, 23:24)
    if lat_temp(1) < 0, lat{1} = [num2str(abs(lat_temp(1))), 'S'];
    else lat{1} = [num2str(lat_temp(1)), 'N'];
    end
    if lat_temp(2) < 0, lat{2} = [num2str(abs(lat_temp(2))), 'S'];
    else lat{2} = [num2str(lat_temp(2)), 'N'];
    end
    if long_temp(1) < 0, long{1} = [num2str(abs(long_temp(1))), 'W'];
    else long{1} = [num2str(long_temp(1)), 'E'];
    end
    if long_temp(2) < 0, long{2} = [num2str(abs(long_temp(2))), 'W'];
    else long{2} = [num2str(long_temp(2)), 'E'];
    end

    switch(tipo)
    case 23, title(['Componente N/S da Corrente a ', num2str(P), ' m']);
    case 24, title(['Componente E/W da Corrente a ', num2str(P), ' m']);
    end
```

```
end

% Sub Options
uimenu('Parent',top_menu,'Label','Abrir em nova
figura','Callback',@export_plot_callback);
set(gca,'uicontextmenu', Menu_plot);

% Limpeza
clear lat_temp long_temp lat long ensaios
```

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice N - Código Matlab para definição de gráficos *contour*

```
function [X,Y,Z] = matrix_contour(data, opcao)
% Calcular dimensao dos dados
numl      = size(data,1);          % Qt de linhas em Dados
numc      = size(data,2);          % Qt dados (1 se filtrado por P)
qt_dados  = numl;                  % Qt dados igual a qt linhas

% Criar matrizes de dados de Temperatura e Salinidade
switch(opcao)
case 1
    % Variaveis (atencao LAT = col2)
    lat_min = min(data(:,2));
    lat_max = max(data(:,2));
    long_min = min(data(:,1));
    long_max = max(data(:,1));
    Z = zeros(int64(lat_max-lat_min+1),int64(long_max-
long_min+1),1);

    % Extrair dados de Latitudes e Longitudes
    lat_temp = data(:,2);
    long_temp = data(:,1);

    % Retira coordenadas (col 1-2)
    % Sem localizacao apenas dados
    dados_temp = data(:,3:end);

    % Inicializa vectores de coordenadas
    X = long_min:long_max;
    Y = lat_min:lat_max;

    % Calculos para graficos 5-8
    for n = 1:qt_dados
        i = int64(lat_temp(n)-lat_min)+1;
        j = int64(long_temp(n)-long_min)+1;
        Y(i) = lat_temp(n);
        X(j) = long_temp(n);
        Z(i,j,1) = dados_temp(n,1);
    end

case 2
    % Variaveis (atencao LAT = col2)
    long_min = min(data(:,1));
    long_temp = data(:,1);

    % Retira coordenadas (col 1-2)
    % Sem localizacao apenas dados
    dados_temp = data(:,3:end);

    % Outras variaveis
    k = 1:numc-2;
    Y = 0;

    % Calculos para graficos 9-12
    for n = 1:qt_dados
```

```
        j = int64(long_temp(n)-long_min)+1;
        X(j) = long_temp(n);
        Z(j,k) = dados_temp(n,k);
    end

case 3
    % Variaveis (atencao LAT = col2)
    lat_min = min(data(:,2));
    lat_temp = data(:,2);

    % Retira coordenadas (col 1-2)
    % Sem localizacao apenas dados
    dados_temp = data(:,3:end);

    % Outras variaveis
    k = 1:numc-2;
    Y = 0;

    % Calculos para graficos 9-12
    for n = 1:qt_dados
        i = int64(lat_temp(n)-lat_min)+1;
        X(i) = lat_temp(n);
        Z(i,k) = dados_temp(n,k);
    end
end

% Limpeza de zeros
Z(Z == 0) = NaN;
```

Apêndice O - Código Matlab para exportação de gráficos

```
function [] = export_plot_callback(hObject, eventdata, handles)
% Variaveis
legend_pos = 'NorthEast';
legend_box = 'Off';

% Exportar eixos/figura
plot_axes = findobj(gca, 'type', 'axes');
[~,~,~,text] = legend;
fig_title = 'Exported Figure';

% Abrir figura
f = figure('Name', fig_title, 'NumberTitle', 'off');
plot_new = copyobj(plot_axes, f);
if ~isempty(text)
    legend(text, 'Location', legend_pos, 'Box', legend_box);
end

% Ajustes
set(plot_new, 'Units', 'normalized', 'Position', [.1 .1 .85 .85] );
set(f, 'color', [1 1 1]);

% Limpeza variaveis
clear legend_pos legend_box plot_axes fig_title f plot_new
```

Página deixada
propositadamente em branco

Apêndice P - Código Matlab para os *radiobuttons*

```
function EOS_80_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Variaveis
ws = matfile('workspace.mat','Writable',true);

% Seleccionar algoritmo
ws.status_A = 1;          % Algoritmo EOS

% Actualizar calculos
set(handles.TEOS_10,'Value',0);

% Actualiza se aplicavel
if get(handles.menu_1,'Value') ~= 21 && get(handles.menu_1,'Value') ~=
22
    update_plot(hObject, handles, 1);
    update_plot(hObject, handles, 2);
end

% Limpar variaveis
clear ws;

function TEOS_10_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Variaveis
ws = matfile('workspace.mat','Writable',true);

% Seleccionar algoritmo
ws.status_A = 2;          % Algoritmo TEOS

% Actualizar calculos
set(handles.EOS_80,'Value',0);

% Actualiza se aplicavel
if get(handles.menu_1,'Value') ~= 21 && get(handles.menu_1,'Value') ~=
22
    update_plot(hObject, handles, 1);
    update_plot(hObject, handles, 2);
end

% Limpar variaveis
clear ws;
```

Página deixada
propositadamente em branco

Anexos

Página deixada
propositadamente em branco

Anexo A - Excerto das folhas de dados recolhidos para o estudo nas variáveis de temperatura e salinidade

FONTE: <http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/woa13/woa13.pl> acedido a 07 de dezembro de 2016 pelas 15h22

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	#WOA13 one-degreeANNUAL temperature Statistical mean																			
2	#COMMA LONGITUI AND VALI	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85		
3	-77.5	-178.5	-0.919	-0.855	-0.864	-0.888	-0.91	-0.951	-1.019	-1.07	-1.125	-1.212	-1.284	-1.342	-1.391	-1.426	-1.443	-1.479	-1.508	-1.515
4	-77.5	-177.5	-0.744	-0.647	-0.642	-0.671	-0.717	-0.766	-0.867	-0.931	-0.99	-1.043	-1.088	-1.17	-1.22	-1.269	-1.281	-1.278	-1.307	-1.308
5	-77.5	-176.5	-0.907	-0.817	-0.906	-1.001	-1.049	-1.069	-1.131	-1.188	-1.244	-1.29	-1.342	-1.399	-1.423	-1.437	-1.442	-1.456	-1.469	-1.477
6	-77.5	-175.5	-0.807	-0.733	-0.749	-0.774	-0.824	-0.856	-0.864	-0.924	-0.953	-0.964	-0.958	-0.954	-1.34	-1.033	-1.078	-1.123	-1.152	-1.154
7	-77.5	-174.5	-0.8	-0.656	-0.672	-0.729	-0.782	-0.814	-0.817	-0.846	-0.894	-0.908	-0.931	-0.95	-0.979	-1.013	-1.022	-1.004	-0.985	-1.006
8	-77.5	-173.5	-0.716	-0.489	-0.517	-0.6	-0.713	-0.869	-0.997	-1.062	-1.135	-1.213	-1.271	-1.319	-1.359	-1.393	-1.421	-1.429	-1.415	-1.35
9	-77.5	-172.5	-0.746	-0.593	-0.6	-0.612	-0.666	-0.79	-0.897	-1.047	-1.12	-1.181	-1.251	-1.298	-1.351	-1.374	-1.384	-1.41	-1.405	-1.423
10	-77.5	-171.5	-0.54	-0.404	-0.506	-0.561	-0.6	-0.718	-0.914	-1.02	-1.115	-1.17	-1.206	-1.228	-1.262	-1.314	-1.362	-1.417	-1.426	-1.4
11	-77.5	-170.5	-0.218	-0.176	-0.185	-0.189	-0.209	-0.411	-0.778	-1.023	-1.081	-1.159	-1.232	-1.326	-1.416	-1.428	-1.487	-1.507	-1.525	-1.528
12	-77.5	-169.5	-0.726	-0.587	-0.67	-0.722	-0.819	-0.917	-1.08	-1.208	-1.328	-1.458	-1.528	-1.594	-1.629	-1.705	-1.751	-1.788	-1.802	-1.679
13	-77.5	-168.5	-0.86	-0.759	-0.728	-0.724	-0.737	-0.833	-0.943	-1.067	-1.214	-1.307	-1.34	-1.397	-1.451	-1.509	-1.544	-1.586	-1.601	-1.62
14	-77.5	-167.5	-0.625	-0.488	-0.492	-0.529	-0.565	-0.59	-0.701	-0.833	-0.971	-1.115	-1.291	-1.346	-1.404	-1.464	-1.479	-1.469	-1.479	-1.501
15	-77.5	-166.5	-0.559	-0.481	-0.678	-0.706	-0.772	-0.841	-0.953	-0.923	-1.07	-1.153	-1.184	-1.281	-1.413	-1.525	-1.594	-1.665	-1.688	-1.711
16	-77.5	-165.5	-1.131	-0.646	-0.639	-0.637	-0.643	-0.629	-0.679	-0.756	-0.825	-0.999	-1.143	-1.316	-1.46	-1.556	-1.58	-1.703	-1.751	-1.767
17	-77.5	-164.5	-0.682	-0.569	-0.572	-0.506	-0.475	-0.519	-0.665	-0.781	-0.852	-0.979	-1.142	-1.345	-1.456	-1.523	-1.56	-1.58	-1.639	-1.679
18	-77.5	-163.5	-1.35	-1.33	-1.339	-1.344	-1.343	-1.354	-1.367	-1.395	-1.41	-1.403	-1.405	-1.364	-1.413	-1.452	-1.488	-1.513	-1.525	-1.541
19	-77.5	-162.5	-0.884	-0.744	-0.746	-0.76	-0.827	-0.921	-1.135	-1.266	-1.366	-1.43	-1.487	-1.56	-1.595	-1.615	-1.655	-1.69	-1.715	-1.719
20	-77.5	-161.5	-1.329	-1.335	-1.335	-1.352	-1.366	-1.377	-1.405	-1.418	-1.429	-1.448	-1.455	-1.472	-1.48	-1.516	-1.529	-1.554	-1.569	-1.567
21	-77.5	-160.5	-1.07	-1.048	-1.042	-1.046	-1.072	-1.109	-1.168	-1.195	-1.167	-1.232	-1.281	-1.328	-1.367	-1.389	-1.438	-1.479	-1.496	-1.519
22	-77.5	-159.5	-0.907	-0.893	-0.879	-0.855	-0.859	-0.888	-0.981	-1.037	-1.103	-1.167	-1.242	-1.318	-1.395	-1.465	-1.546	-1.591	-1.625	-1.654
23	-77.5	-158.5	-1.655	-1.578	-1.727	-1.698	-1.693	-1.748	-1.748	-1.754	-1.762	-1.766	-1.771	-1.77	-1.773	-1.786	-1.776	-1.78	-1.778	-1.781
24	-77.5	-157.5	-1.421	-1.368	-1.383	-1.407	-1.434	-1.418	-1.402	-1.383	-1.391	-1.383	-1.378	-1.419	-1.483	-1.546	-1.596	-1.624	-1.652	-1.669
25	-77.5	-156.5	-1.466	-1.444	-1.504	-1.533	-1.574	-1.579	-1.584	-1.613	-1.643	-1.664	-1.678	-1.69	-1.695	-1.704	-1.72	-1.734	-1.743	-1.755

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	#WOA13 one-degreeANNUAL salinity Statistical mean																			
2	#COMMA LONGITUI AND VALI	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85		
3	-77.5	-178.5	34.178	34.159	34.16	34.189	34.206	34.222	34.229	34.239	34.247	34.268	34.304	34.314	34.324	34.333	34.342	34.349	34.355	34.361
4	-77.5	-177.5	34.133	34.129	34.128	34.133	34.138	34.165	34.184	34.227	34.261	34.274	34.289	34.298	34.308	34.316	34.323	34.33	34.336	34.342
5	-77.5	-176.5	34.2	34.211	34.229	34.256	34.289	34.297	34.302	34.309	34.314	34.321	34.326	34.336	34.347	34.357	34.369	34.383	34.392	34.394
6	-77.5	-175.5	34.232	34.232	34.245	34.254	34.259	34.27	34.289	34.346	34.358	34.368	34.374	34.382	34.39	34.396	34.402	34.407	34.411	34.415
7	-77.5	-174.5	34.185	34.187	34.244	34.303	34.332	34.339	34.343	34.353	34.359	34.371	34.377	34.393	34.394	34.394	34.402	34.407	34.41	34.416
8	-77.5	-173.5	34.032	34.031	34.067	34.235	34.31	34.311	34.32	34.325	34.322	34.345	34.355	34.367	34.367	34.379	34.382	34.386	34.391	34.396
9	-77.5	-172.5	34.084	34.083	34.082	34.082	34.075	34.257	34.272	34.28	34.282	34.285	34.296	34.307	34.314	34.322	34.327	34.332	34.338	34.325
10	-77.5	-171.5	34.34	34.34	34.34	34.34	34.34	34.341	34.342	34.356	34.381	34.409	34.427	34.43	34.435	34.444	34.455	34.464	34.471	34.475
11	-77.5	-170.5	34.163	34.172	34.178	34.184	34.192	34.212	34.23	34.242	34.256	34.277	34.296	34.312	34.325	34.335	34.344	34.354	34.365	34.373
12	-77.5	-168.5	34.22	34.22	34.22	34.225	34.23	34.23	34.23	34.267	34.3	34.316	34.32	34.32	34.32	34.322	34.325	34.327	34.33	34.333
13	-77.5	-167.5	34.225	34.225	34.23	34.241	34.255	34.269	34.286	34.308	34.33	34.354	34.377	34.391	34.403	34.413	34.423	34.433	34.442	34.449
14	-77.5	-166.5	34.264	34.264	34.264	34.265	34.277	34.277	34.293	34.314	34.337	34.341	34.343	34.355	34.368	34.374	34.383	34.39	34.394	34.397
15	-77.5	-165.5	34.27	34.255	34.25	34.262	34.27	34.27	34.274	34.29	34.327	34.36	34.38	34.37	34.375	34.38	34.385	34.39	34.395	34.395
16	-77.5	-164.5	33.565	33.565	33.566	33.595	33.796	33.831	33.86	33.882	33.901	33.916	33.926	33.93	33.934	33.937	33.942	33.948	33.954	33.961
17	-77.5	-163.5	34.1	34.061	34.061	34.062	34.069	34.095	34.123	34.157	34.196	34.232	34.253	34.259	34.262	34.267	34.271	34.276	34.279	34.283
18	-77.5	-162.5	34.013	34.008	34.005	34.005	34.01	34.03	34.041	34.077	34.105	34.124	34.141	34.171	34.198	34.217	34.227	34.233	34.233	34.242
19	-77.5	-161.5	34.099	34.102	34.105	34.108	34.111	34.115	34.118	34.119	34.123	34.126	34.131	34.133	34.139	34.144	34.149	34.153	34.161	34.17
20	-77.5	-160.5	33.964	33.963	33.965	33.97	33.98	33.996	34.013	34.028	34.053	34.067	34.085	34.105	34.121	34.146	34.168	34.181	34.188	34.197
21	-77.5	-159.5	34.004	34.006	33.996	34.013	34.016	34.024	34.057	34.094	34.112	34.128	34.143	34.154	34.159	34.164	34.17	34.173	34.178	34.183
22	-77.5	-158.5	34.477	34.479	34.533	34.538	34.471	34.506	34.521	34.533	34.538	34.545	34.55	34.554	34.559	34.564	34.57	34.574	34.58	34.586
23	-77.5	-157.5	34.092	34.099	34.185	34.205	34.225	34.271	34.311	34.332	34.345	34.36	34.376	34.393	34.41	34.43	34.448	34.463	34.473	34.482
24	-77.5	-156.5	34.25	34.263	34.301	34.313	34.325	34.346	34.365	34.382	34.395	34.406	34.42	34.429	34.437	34.445	34.455	34.466	34.475	34.482
25	-77.5	-155.5	34.044	34.188	34.201	34.211	34.22	34.225	34.238	34.255	34.274	34.29	34.295	34.305	34.316	34.329	34.342	34.352	34.362	34.375

Página deixada
propositadamente em branco

Anexo B - Ficheiros de código Matlab da Gibbs-SeaWater (GSW) Oceanographic Toolbox

FONTE: <http://www.teos-10.org/software.htm#1> acedido a 18 de janeiro de 2017
pelas 17h34

```
function [SA, in_ocean] = gsw_SA_from_SP(SP,p,long,lat)

% gsw_SA_from_SP          Absolute Salinity from Practical Salinity

if ~(nargin==4)
    error('gsw_SA_from_SP: Requires four inputs')
end %if

[ms,ns] = size(SP);
[mp,np] = size(p);

if (mp == 1) & (np == 1)                % p is a scalar - fill to size
    of SP                               of SP
    p = p*ones(size(SP));
elseif (ns == np) & (mp == 1)           % p is row vector,
    p = p(ones(1,ms), :);               % copy down each column.
elseif (ms == mp) & (np == 1)           % p is column vector,
    p = p(:,ones(1,ns));                 % copy across each row.
elseif (ns == mp) & (np == 1)           % p is a transposed row vector,
    p = p.';                             % transposed then
    p = p(ones(1,ms), :);               % copy down each column.
elseif (ms == mp) & (ns == np)
    % ok
else
    error('gsw_SA_from_SP: Inputs array dimensions arguments do not
agree')
end %if

[m1a,n1a] = size(lat);

if (m1a == 1) & (n1a == 1)              % lat is a scalar - fill to
    size of SP                           size of SP
    lat = lat*ones(size(SP));
elseif (ns == n1a) & (m1a == 1)         % lat is a row vector,
    lat = lat(ones(1,ms), :);           % copy down each column.
elseif (ms == m1a) & (n1a == 1)         % lat is a column vector,
    lat = lat(:,ones(1,ns));             % copy across each row.
elseif (ns == m1a) & (n1a == 1)         % lat is a transposed row
    vector,                             vector,
    lat = lat.';                         % transposed then
```

```

        lat = lat(ones(1,ms), :);           % copy down each column.
elseif (ms == mla) & (ns == nla)
    % ok
else
    error('gsw_SA_from_SP: Inputs array dimensions arguments do not
agree')
end %if

[mlo,nlo] = size(long);
long(long < 0) = long(long < 0) + 360;

if (mlo == 1) & (nlo == 1)                 % long is a scalar - fill to
size of SP
    long = long*ones(size(SP));
elseif (ns == nlo) & (mlo == 1)           % long is a row vector,
    long = long(ones(1,ms), :);           % copy down each column.
elseif (ms == mlo) & (nlo == 1)           % long is a column vector,
    long = long(:,ones(1,ns));             % copy across each row.
elseif (ns == mlo) & (nlo == 1)           % long is a transposed row
vector,                                     % transposed then
    long = long.';                         % copy down each column.
    long = long(ones(1,ms), :);           % long is a transposed column
elseif (ms == nlo) & (mlo == 1)           % transposed then
vector,                                     % copy down each column.
    long = long.';                         % long is a transposed column
    long = long(:,ones(1,ns));             % transposed then
elseif (ms == mlo) & (ns == nlo)         % copy down each column.
    % ok
else
    error('gsw_SA_from_SP: Inputs array dimensions arguments do not
agree')
end %if

if ms == 1
    SP = SP.';
    p = p.';
    lat = lat.';
    long = long.';
    transposed = 1;
else
    transposed = 0;
end

% remove out of range values.
SP(p < 100 & SP > 120) = NaN;
SP(p >= 100 & SP > 42) = NaN;

% change standard blank fill values to NaN's.
SP(abs(SP) == 99999 | abs(SP) == 999999) = NaN;

```



```

p(abs(p) == 99999 | abs(p) == 999999) = NaN;
long(abs(long) == 9999 | abs(long) == 99999) = NaN;
lat(abs(lat) == 9999 | abs(lat) == 99999) = NaN;

if any(p < -1.5 | p > 12000)
    error('gsw_SA_from_SP: pressure is out of range')
end
if any(long < 0 | long > 360)
    error('gsw_SA_from_SP: longitude is out of range')
end
if any(abs(lat) > 90)
    error('gsw_SA_from_SP: latitude is out of range')
end

%-----
% Start of the calculation
%-----

% This ensures that SP is non-negative.
SP(SP < 0) = 0;

[Iocean] = find(~isnan(SP + p + lat + long));

SA = nan(size(SP));
SAAR = SA;
in_ocean = SA;

% The following function (gsw_SAAR) finds SAAR in the non-Baltic parts
of
% the world ocean. (Actually, this gsw_SAAR look-up table returns
values
% of zero in the Baltic Sea since SAAR in the Baltic is a function of
SP,
% not space.
[SAAR(Iocean), in_ocean(Iocean)] =
gsw_SAAR(p(Iocean), long(Iocean), lat(Iocean));

SA(Iocean) = (35.16504/35)*SP(Iocean).*(1 + SAAR(Iocean));

% Here the Practical Salinity in the Baltic is used to calculate the
% Absolute Salinity there.
SA_baltic(Iocean) =
gsw_SA_from_SP_Baltic(SP(Iocean), long(Iocean), lat(Iocean));

if any(~isnan(SA_baltic(Iocean)))

```

```

    [Ibaltic] = find(~isnan(SA_baltic(Iocean)));
    SA(Iocean(Ibaltic)) = SA_baltic(Iocean(Ibaltic));
end

if transposed
    SA = SA';
    in_ocean = in_ocean';
end

end

```

```

function CT = gsw_CT_from_t(SA,t,p)

% gsw_CT_from_t      Conservative Temperature from in-situ temperature

if ~(nargin==3)
    error('gsw_CT_from_t: Requires three inputs')
end %if

[ms,ns] = size(SA);
[mt,nt] = size(t);
[mp,np] = size(p);

if (mt ~= ms | nt ~= ns)
    error('gsw_CT_from_t: SA and t must have same dimensions')
end

if (mp == 1) & (np == 1)                % p scalar - fill to size of SA
    p = p*ones(size(SA));
elseif (ns == np) & (mp == 1)          % p is row vector,
    p = p(ones(1,ms), :);              % copy down each column.
elseif (ms == mp) & (np == 1)          % p is column vector,
    p = p(:,ones(1,ns));               % copy across each row.
elseif (ns == mp) & (np == 1)          % p is a transposed row vector,
    p = p.';                          % transposed then
    p = p(ones(1,ms), :);              % copy down each column.
elseif (ms == mp) & (ns == np)
    % ok
else
    error('gsw_CT_from_t: Inputs array dimensions arguments do not agree')
end %if

%Find values that are out of range, set them to NaN.
t(p < 100 & (t > 80 | t < -12)) = NaN;
t(p >= 100 & (t > 40 | t < -12)) = NaN;

```

```

if ms == 1
    SA = SA.';
    t = t.';
    p = p.';
    transposed = 1;
else
    transposed = 0;
end

%-----
%-----
% Start of the calculation
%-----
%-----

pt0 = gsw_pt0_from_t(SA,t,p);
CT = gsw_CT_from_pt(SA,pt0);

if transposed
    CT = CT.';
end

end

```

```

function p =
gsw_p_from_z(z,lat,geo_strf_dyn_height,sea_surface_geopotential)

% gsw_p_from_z                                pressure from height

if ~(nargin == 2 | nargin == 3 | nargin == 4)
    error('gsw_p_from_z: Requires two, three or four inputs')
end %if

if any(z > 5)
    error('gsw_p_from_z: The input z should be negative and values must
be less than 5 m.')
end

if ~exist('geo_strf_dyn_height','var')
    geo_strf_dyn_height = zeros(size(z));
end

if ~exist('sea_surface_geopotential','var')
    sea_surface_geopotential = zeros(size(z));
end

```

```

[mz,nz] = size(z);
[ml,nl] = size(lat);
[mdh,ndh] = size(geo_strf_dyn_height);
[msg,nsg] = size(sea_surface_geopotential);

if (mz ~= mdh) | (nz ~= ndh)
    error('gsw_p_from_z: height & dynamic height anomaly need to have
the same dimensions')
end
if (mdh ~= msg) | (ndh ~= nsg)
    error('gsw_p_from_z: dynamic height anomaly & the geopotential at
zero sea pressure need to have the same dimensions')
end

if (ml == 1) & (nl == 1)                % lat is a scalar - fill to size
of z
    lat = lat*ones(size(z));
elseif (nl == nz) & (ml == 1)          % lat is row vector,
    lat = lat(ones(1,mz), :);           % copy down each column.
elseif (mz == ml) & (nl == 1)          % lat is column vector,
    lat = lat(:,ones(1,nz));             % copy across each row.
elseif (nz == ml) & (nl == 1)          % lat is a transposed row
vector,                                 % transposed then
    lat = lat.';                        % copy down each column.
    lat= lat(ones(1,mz), :);
elseif (mz == ml) & (nz == nl)
    % ok
else
    error('gsw_p_from_z: Inputs array dimensions arguments do not
agree')
end %if

if mz == 1
    z = z.';
    lat = lat.';
    geo_strf_dyn_height = geo_strf_dyn_height.';
    sea_surface_geopotential = sea_surface_geopotential.';
    transposed = 1;
else
    transposed = 0;
end

%-----
%-----
% Start of the calculation
%-----
%-----

```

```

db2Pa = 1e4;
gamma = 2.26e-7; % If the graviational acceleration were to be
regarded as
                    % being depth-independent, which is often the case in
                    % ocean models, then gamma would be set to be zero
here,
                    % and the code below works perfectly well.
deg2rad = pi/180;
X = sin(lat*deg2rad);
sin2 = X.*X;
gs = 9.780327*(1.0 + (5.2792e-3 + (2.32e-5*sin2)).*sin2);

% get the first estimate of p from Saunders (1981)
c1 = 5.25e-3*sin2 + 5.92e-3;
p = -2.*z./((1-c1) + sqrt((1-c1).*(1-c1) + 8.84e-6.*z)) ;
% end of the first estimate from Saunders (1981)

df_dp = db2Pa * gsw_specvol_SSO_0_p(p); % initial value of the
derivative of f

f = gsw_enthalpy_SSO_0_p(p) + gs.*(z - 0.5*gamma*(z.*z)) ...
    - (geo_strf_dyn_height + sea_surface_geopotential);
p_old = p;
p = p_old - f./df_dp;
p_mid = 0.5*(p + p_old);
df_dp = db2Pa * gsw_specvol_SSO_0_p(p_mid);
p = p_old - f./df_dp;

% After this one iteration through this modified Newton-Raphson
iterative
% procedure (McDougall and Wotherspoon, 2012), the remaining error in
p is
% at computer machine precision, being no more than 1.6e-10 dbar.

if transposed
    p = p.';
end

end

```

```

function rho = gsw_rho(SA,CT,p)

% gsw_rho                                in-situ density (48-term equation)

if ~(nargin == 3)

```

```

    error('gsw_rho: Requires three inputs')
end %if

[ms,ns] = size(SA);
[mt,nt] = size(CT);
[mp,np] = size(p);

if (mt ~= ms | nt ~= ns)
    error('gsw_rho: SA and CT must have same dimensions')
end

if (mp == 1) & (np == 1)                                % p scalar - fill to size
of SA                                                    % p scalar - fill to size
    p = p*ones(size(SA));
elseif (ns == np) & (mp == 1)                            % p is row vector,
    p = p(ones(1,ms), :);                                % copy down each column.
elseif (ms == mp) & (np == 1)                            % p is column vector,
    p = p(:,ones(1,ns));                                  % copy across each row.
elseif (ns == mp) & (np == 1)                            % p is a transposed row
vector,                                                    % p is a transposed row
    p = p.';                                              % transposed then
    p = p(ones(1,ms), :);                                % copy down each column.
elseif (ms == mp) & (ns == np)
    % ok
else
    error('gsw_rho: Inputs array dimensions arguments do not agree')
end %if

if ms == 1
    SA = SA';
    CT = CT';
    p = p';
    transposed = 1;
else
    transposed = 0;
end

% Start of the calculation

% This line ensures that SA is non-negative.
SA(SA < 0) = 0;

v01 = 9.998420897506056e+2;
v02 = 2.839940833161907;
v03 = -3.147759265588511e-2;
v04 = 1.181805545074306e-3;
v05 = -6.698001071123802;
v06 = -2.986498947203215e-2;
v07 = 2.327859407479162e-4;

```

```

v08 = -3.988822378968490e-2;
v09 = 5.095422573880500e-4;
v10 = -1.426984671633621e-5;
v11 = 1.645039373682922e-7;
v12 = -2.233269627352527e-2;
v13 = -3.436090079851880e-4;
v14 = 3.726050720345733e-6;
v15 = -1.806789763745328e-4;
v16 = 6.876837219536232e-7;
v17 = -3.087032500374211e-7;
v18 = -1.988366587925593e-8;
v19 = -1.061519070296458e-11;
v20 = 1.550932729220080e-10;
v21 = 1.0;
v22 = 2.775927747785646e-3;
v23 = -2.349607444135925e-5;
v24 = 1.119513357486743e-6;
v25 = 6.743689325042773e-10;
v26 = -7.521448093615448e-3;
v27 = -2.764306979894411e-5;
v28 = 1.262937315098546e-7;
v29 = 9.527875081696435e-10;
v30 = -1.811147201949891e-11;
v31 = -3.303308871386421e-5;
v32 = 3.801564588876298e-7;
v33 = -7.672876869259043e-9;
v34 = -4.634182341116144e-11;
v35 = 2.681097235569143e-12;
v36 = 5.419326551148740e-6;
v37 = -2.742185394906099e-5;
v38 = -3.212746477974189e-7;
v39 = 3.191413910561627e-9;
v40 = -1.931012931541776e-12;
v41 = -1.105097577149576e-7;
v42 = 6.211426728363857e-10;
v43 = -1.119011592875110e-10;
v44 = -1.941660213148725e-11;
v45 = -1.864826425365600e-14;
v46 = 1.119522344879478e-14;
v47 = -1.200507748551599e-15;
v48 = 6.057902487546866e-17;

sqrtSA = sqrt(SA);

v_hat_denominator = v01 + CT.*(v02 + CT.*(v03 + v04*CT)) ...
                    + SA.*(v05 + CT.*(v06 + v07*CT) ...
                    + sqrtSA.*(v08 + CT.*(v09 + CT.*(v10 + v11*CT)))) ...

```

```

        + p.*(v12 + CT.*(v13 + v14*CT) + SA.*(v15 + v16*CT) ...
        + p.*(v17 + CT.*(v18 + v19*CT) + v20*SA));

v_hat_numerator = v21 + CT.*(v22 + CT.*(v23 + CT.*(v24 + v25*CT))) ...
    + SA.*(v26 + CT.*(v27 + CT.*(v28 + CT.*(v29 + v30*CT))) +
v36*SA ...
    + sqrtSA.*(v31 + CT.*(v32 + CT.*(v33 + CT.*(v34 + v35*CT))))))
...
    + p.*(v37 + CT.*(v38 + CT.*(v39 + v40*CT)) ...
    + SA.*(v41 + v42*CT) ...
    + p.*(v43 + CT.*(v44 + v45*CT + v46*SA) ...
    + p.*(v47 + v48*CT));

rho = v_hat_denominator./v_hat_numerator;

if transposed
    rho = rho.';
end

end

```

```

function sound_speed = gsw_sound_speed(SA,CT,p)

% gsw_sound_speed                sound speed (48-term equation)

if ~(nargin == 3)
    error('gsw_sound_speed: Requires three inputs')
end %if

[ms,ns] = size(SA);
[mt,nt] = size(CT);
[mp,np] = size(p);

if (mt ~= ms | nt ~= ns)
    error('gsw_sound_speed: SA and CT must have same dimensions')
end

if (mp == 1) & (np == 1)                % p scalar - fill to size of SA
    p = p*ones(size(SA));
elseif (ns == np) & (mp == 1)          % p is row vector,
    p = p(ones(1,ms), :);              % copy down each column.
elseif (ms == mp) & (np == 1)          % p is column vector,
    p = p(:,ones(1,ns));                % copy across each row.
elseif (ns == mp) & (np == 1)          % p is a transposed row vector,
    p = p.';                            % transposed then

```



```

    p = p(ones(1,ms), :); % copy down each column.
elseif (ms == mp) & (ns == np)
    % ok
else
    error('gsw_sound_speed: Inputs array dimensions arguments do not
agree')
end %if

if ms == 1
    SA = SA.';
    CT = CT.';
    p = p.';
    transposed = 1;
else
    transposed = 0;
end

% Start of the calculation

% This line ensures that SA is non-negative.
SA(SA < 0) = 0;

v01 = 9.998420897506056e+2;
v02 = 2.839940833161907;
v03 = -3.147759265588511e-2;
v04 = 1.181805545074306e-3;
v05 = -6.698001071123802;
v06 = -2.986498947203215e-2;
v07 = 2.327859407479162e-4;
v08 = -3.988822378968490e-2;
v09 = 5.095422573880500e-4;
v10 = -1.426984671633621e-5;
v11 = 1.645039373682922e-7;
v12 = -2.233269627352527e-2;
v13 = -3.436090079851880e-4;
v14 = 3.726050720345733e-6;
v15 = -1.806789763745328e-4;
v16 = 6.876837219536232e-7;
v17 = -3.087032500374211e-7;
v18 = -1.988366587925593e-8;
v19 = -1.061519070296458e-11;
v20 = 1.550932729220080e-10;
v21 = 1.0;
v22 = 2.775927747785646e-3;
v23 = -2.349607444135925e-5;
v24 = 1.119513357486743e-6;
v25 = 6.743689325042773e-10;

```

```

v26 = -7.521448093615448e-3;
v27 = -2.764306979894411e-5;
v28 = 1.262937315098546e-7;
v29 = 9.527875081696435e-10;
v30 = -1.811147201949891e-11;
v31 = -3.303308871386421e-5;
v32 = 3.801564588876298e-7;
v33 = -7.672876869259043e-9;
v34 = -4.634182341116144e-11;
v35 = 2.681097235569143e-12;
v36 = 5.419326551148740e-6;
v37 = -2.742185394906099e-5;
v38 = -3.212746477974189e-7;
v39 = 3.191413910561627e-9;
v40 = -1.931012931541776e-12;
v41 = -1.105097577149576e-7;
v42 = 6.211426728363857e-10;
v43 = -1.119011592875110e-10;
v44 = -1.941660213148725e-11;
v45 = -1.864826425365600e-14;
v46 = 1.119522344879478e-14;
v47 = -1.200507748551599e-15;
v48 = 6.057902487546866e-17;

c01 = -2.233269627352527e-2;
c02 = -3.436090079851880e-4;
c03 = 3.726050720345733e-6;
c04 = -1.806789763745328e-4;
c05 = 6.876837219536232e-7;
c06 = -6.174065000748422e-7;
c07 = -3.976733175851186e-8;
c08 = -2.123038140592916e-11;
c09 = 3.101865458440160e-10;
c10 = -2.742185394906099e-5;
c11 = -3.212746477974189e-7;
c12 = 3.191413910561627e-9;
c13 = -1.931012931541776e-12;
c14 = -1.105097577149576e-7;
c15 = 6.211426728363857e-10;
c16 = -2.238023185750219e-10;
c17 = -3.883320426297450e-11;
c18 = -3.729652850731201e-14;
c19 = 2.239044689758956e-14;
c20 = -3.601523245654798e-15;
c21 = 1.817370746264060e-16;

sqrtSA = sqrt(SA);

v_hat_denominator = v01 + CT.*(v02 + CT.*(v03 + v04*CT)) ...

```

```

        + SA.*(v05 + CT.*(v06 + v07*CT) ...
    + sqrtSA.*(v08 + CT.*(v09 + CT.*(v10 + v11*CT)))) ...
        + p.*(v12 + CT.*(v13 + v14*CT) + SA.*(v15 + v16*CT) ...
        + p.*(v17 + CT.*(v18 + v19*CT) + v20*SA));

v_hat_numerator = v21 + CT.*(v22 + CT.*(v23 + CT.*(v24 + v25*CT))) ...
    + SA.*(v26 + CT.*(v27 + CT.*(v28 + CT.*(v29 + v30*CT))) +
v36*SA ...
    + sqrtSA.*(v31 + CT.*(v32 + CT.*(v33 + CT.*(v34 + v35*CT)))) ...
    ...
        + p.*(v37 + CT.*(v38 + CT.*(v39 + v40*CT)) ...
    + SA.*(v41 + v42*CT) ...
        + p.*(v43 + CT.*(v44 + v45*CT + v46*SA) ...
        + p.*(v47 + v48*CT));

dvden_dp = c01 + CT.*(c02 + c03*CT) ...
    + SA.*(c04 + c05*CT) ...
    + p.*(c06 + CT.*(c07 + c08*CT) + c09*SA);

dvnum_dp = c10 + CT.*(c11 + CT.*(c12 + c13*CT)) ...
    + SA.*(c14 + c15*CT) ...
    + p.*(c16 + CT.*(c17 + c18*CT + c19*SA) ...
    + p.*(c20 + c21*CT));

drho_dp = (dvden_dp.*v_hat_numerator - dvnum_dp.*v_hat_denominator)./
...
    (v_hat_numerator.*v_hat_numerator);

sound_speed = 100*sqrt(1./drho_dp);

if transposed
    sound_speed = sound_speed.';
end

end

```

